This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

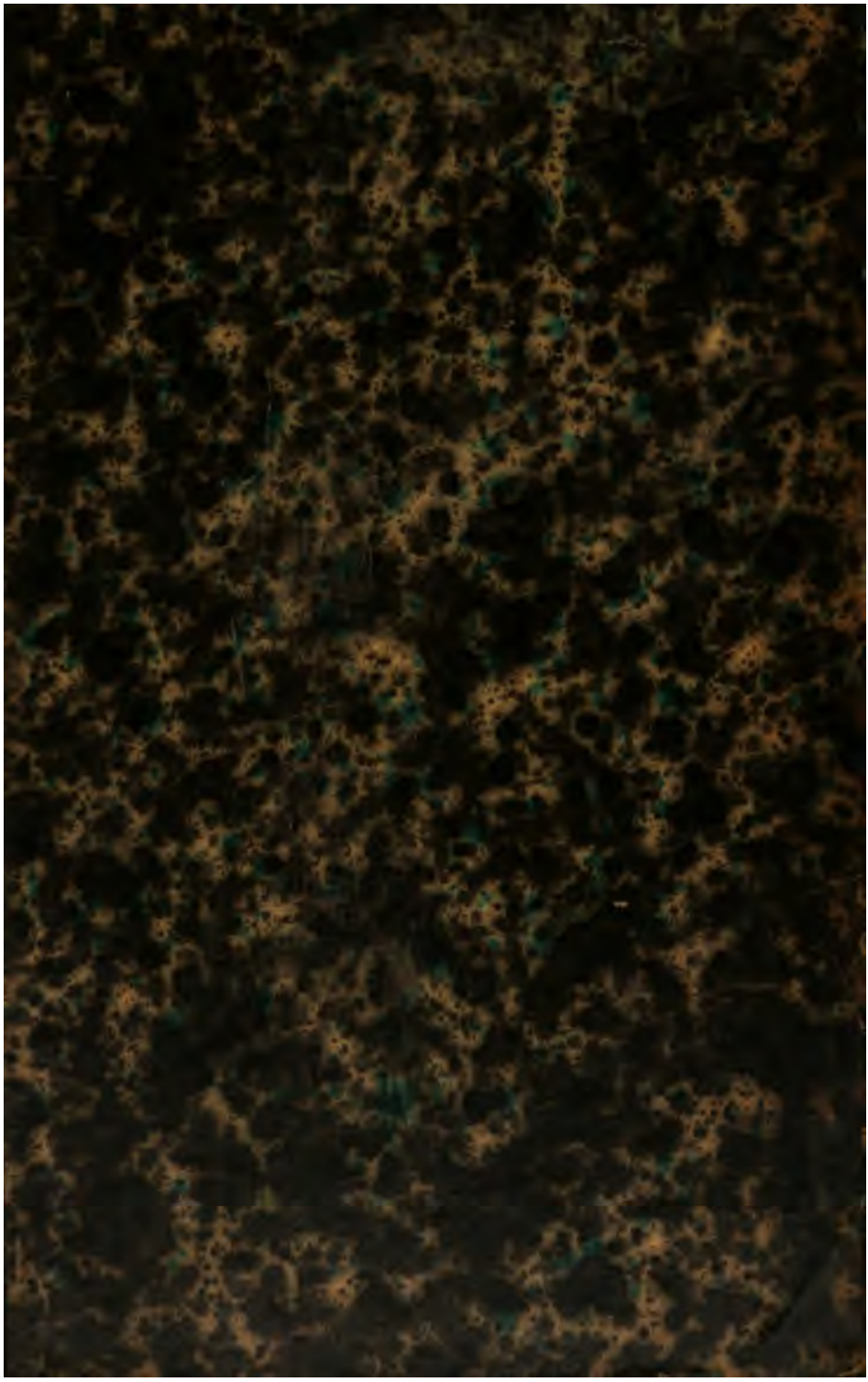
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

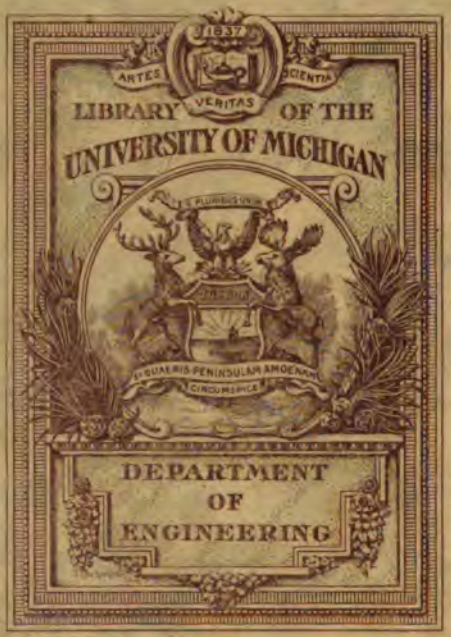
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

6 IA
2
568
ENGINE

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1889

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1889

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1889

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1889

N° 1

---

mmaire des séances du mois de juillet 1889.

1° *Décès* de M. Ch. Quehen (Séance du 5 juillet, page 7).

2° *Nomination* de membre du jury des récompenses (Séance du 5 juillet. page 7).

3° *Travaux d'amélioration de la Tees (Les)*, lettres de MM. J. de Coëne et J. Fleury (Séances des 5 et 19 juillet, pages 7 et 20).

4° *Souscription* en faveur des familles des victimes de la catastrophe de Saint-Étienne, et lettres de MM. F. Raymond, du Préfet de la Loire et de M. Henry Chapman au nom de la Société des Mechanical Engineers (Séances des 5 et 19 juillet, pages 9 et 19).

5° *Prix de 12 000 francs* de la Société d'encouragement (Demande de l'obtention du), en faveur de Mme Vve Normand, note de M. A. Brüll (Séance du 5 juillet, page 9).

6° *Réception faite aux Ingénieurs Américains (Notes sur la)* par MM. A. Brüll et L. Caen (Séance du 5 juillet, pages 10 et 12).

7° *Radoub de Saïgon (Le bassin de)*, par M. H. Hersent (Séance du 5 juillet, page 16).

8° *Décorations diverses* (Séance du 19 juillet, page 17).

9° *Livre d'Or de l'École Centrale*, lettre de M. P. Buquet (Séance du 19 juillet, page 18).

10° *Lettre* de remerciement de la Société des Mechanical Engineers, au sujet de leur réception par la Société (Séance du 19 juillet, page 18).

163380

11° *Ventilateur*, (lettre d'invitation pour voir fonctionner un) de M. E. D. Farcot (Séance du 19 juillet, page 18).

12° *Visite à des expériences de traction mécanique sur les canaux*, système Oriolle, à Tergnier, lettre de M. Mottet (Séance du 19 juillet, page 19).

13° *Congrès de mécanique appliquée*, lettre de M. Philipps (Séance du 19 juillet, page 20).

14° *Appareil avertisseur des trains*, lettre de M. Dallemagne (Séance du 19 juillet, page 20).

15° *Réception des Mechanical Engineers (Note sur la)*, par M. A. Brüll (Séance du 19 juillet, page 21).

16° *Pont de Poughkeepsie sur le Hudson*, par M. F. de Garay, et observations de MM. S. Périssé et P. Regnard (Séance du 19 juillet, page 23).

17° *Maisons démontables (Système de)* par M. J. Durupt (Séance du 19 juillet, page 25).

18° *Voie métallique universelle (Système de)*, par M. P. Moncharmont (Séance du 19 juillet, page 28).

Pendant le mois de juillet, la Société a reçu :

30881 — De M. Monnier (M. de la S.). — *Électricité industrielle, productions et applications*. Cours professé à l'École centrale des Arts et Manufactures. — Paris, Baudry, 1889 (grand in-8 de 553 pages).

30882 — De M. Quinet. — *Rapport sur le projet d'une exposition permanente et centrale à Paris*, de sous-expositions aux colonies françaises et à l'étranger et d'une banque de crédit à tous syndiqués professionnels et de productions. — Paris, Maugeret (in-4 de 11 pages) (10 exemplaires).

30883 — De MM. Civet, Crouet, Gautier et C^ie^. — *Exploitation des carrières de pierres de tailles, moellons, meulières*. Notices sur les exploitations de la Société. — Paris, Bady (in-8 de 31 pages).

30884 — De M. E. Cornuault (M. de la S.). — *Société technique de l'industrie du gaz en France*. Congrès de 1889. Discours prononcé par M. E. Cornuault à l'ouverture du congrès. — Paris, Société anonyme de publications françaises, 1889 (grand in-8 de 12 pages).

30885 — De M. Crawford Barlow. — *The new Tay Bridge* a course of lectures delivered at the Royal school of Military Engineering at Chatham (in-folio de 46 pages avec pl.). — *Le nouveau pont sur la Tay*. Série des conférences faites à l'École royale du Génie militaire, à Chatham. — London Spon, 1889.

30886 — De M. H. Simon (M. de la S.). — *On the Latest development of Roller flour Milling*. (Institution of Mechanical, Engineers

in London, février 1889.) — *Sur les derniers développements des moulins à cylindre à farine.* — London, 1889 (in-8 de 49 pages avec pl.)

30887 — Du Ministère des Travaux publics.— *Annales des Ponts et Chaussées. Personnel 1889.* — Paris, veuve Ch. Dunod, 1889.

30888 — De M. d'Albert (M. de la S.). — *Canons à tir rapide Hotchkiss.* (Revue d'artillerie) de M. E. Bosch. — Paris, Berger-Levrault, 1886 (in-8 de 36 pages).

30889 — De M. Nano. — *Bulletin annuel de la Commission météorologique du département de la Sarthe.* Année 1888. — Le Mans, Monnoyer, 1889.

30890 — De l'Institution of civil Engineers. — *Minutes of proceedings of the Institution of civil Engineers.* — Vol. XCVI (in-8 de 480 pages).

30891 — De M. F. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). — *Histoire graphique de l'industrie houillère en Angleterre depuis 1865, d'après les documents officiels.* — Paris, Bernard et Cie, 1889 (in-folio de 27 pages, avec pl.).

30892 — De M. L. Jambille (M. de la S.). — *Note sur la Société anonyme des Hauts Fourneaux de Maubeuge* (Nord), Paris, Chaix (in-8 de 13 pages, Exposition universelle 1889).

30893 — De M. E. Turbot (M. de la S.). — *Manufacture de chaînes-câbles de E. Turbot, à Anzin* (Nord). — Exposition universelle, 1889. Photographie.

30894 — De M. E. Hermite. — *L'assainissement par l'électricité. Désinfection des vidanges, des eaux d'égouts et purification des eaux d'alimentation ou des eaux industrielles au moyen des procédés Hermite.* — Paris, Masson. — Rouen, Schneider, 1889 (grand in-4 de 16 pages).

30895 à 30908 — De M. L. Francq (M. de la S.). — *Traction à vapeur sans feu,* système Lamm et Francq. — 14 photographies du matériel employé, 1889.

30909 — De M. H. Levèque. — *Annuaire des Mines, de la Métallurgie et de la Construction mécanique.* Année 1889. — Paris, Lambert, 1889 (grand in-8 de 856 pages).

30910 — De M. d'Albert (M. de la S.). — Société des anciens établissements Hotchkiss et Cie. *Catalogue du matériel de guerre.* Exposition universelle de 1889. — Paris, Chaix (in-4 de 31 p.).

30911 — De M. d'Albert (M. de la S.). — *The Hotchkiss revolving Cannon* (in-4 de 76 pages avec pl).— *Le canon revolver Hotchkiss.* — London, Corquodale et Cie, 1889.

30912 — *The Hotchkiss system of rapid-firing guns* (in-4 de 85 pages avec pl., par le lieut. Edward W. Very. *(Canon à tir rapide,* système Hotchkiss). — London, Harrisson, 1887.

30913 — De M. de Joannis (M. de la S.). *Album de matériel d'usines à gaz de la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de*

Brousseval. — Gentil, Paris, 1885. — Grand in-folio de 117 pl.

30914 — De M. de Joannis (M. de la S.). *Album des articles religieux et funéraires de la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Brousseval.* — Chardon, Paris, 1887. — Grand in-folio de 44 pl.

30915 — De M. de Joannis (M. de la S.). *Album des produits de la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Brousseval.* — Duruy, Paris, 1888. — Grand in-8° de 203 pl.

30916 — De M. Ed. Dupuis (M. de la S.). Exposition de 1889. *Note sur les Etablissements de la Société des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer.* — Poméon, Saint-Chamond, 1889. — In-4° de 76 pages avec pl.

30917 — De M. Chansselle (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Notice sur la Société des Houillères de Saint-Étienne.* — G. Bellouze, Saint-Étienne, 1889. — In-4° de 24 pages avec pl.

30918 — De M. Chansselle (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Exposition d'économie sociale, section XIV. Institutions diverses créées par les chefs d'exploitation en faveur de leur personnel.* — Lantz, Lille, 1889. — In-4° de 20 pages autog.

30919 — De M. A.-L. Cambrelin. Port de Griz-Nez. *Projet de création d'un vaste port au Cap Gris-Nez sur le Pas-de-Calais.* — Bruylant-Christophe, Bruxelles, 1887. — In-4° de 11 pages avec pl.

30920 — De M. A.-L. Cambrelin. *Sécurité des ports forains. Projet d'un nouveau brise-lames flottant, rigide et insubmersible.* — Bruylant-Christophe, Bruxelles, 1889. — In-4° de 4 pages.

30921 — De M. C. Zschokke et P. Terrier (M. de la S.). *Exécution des travaux sous-marins de l'avant-port de la Pallice (La Rochelle). Description des engins et procédés brevetés dont l'entreprise a fait emploi.* — Chaix, Paris, 1889. — Grand in-8° de 16 pages avec pl.

30922 — De M. C. Zschokke et P. Terrier (M. de la S). *Travaux hydrauliques et fondations pneumatiques exécutés en Italie de 1883 à 1889.* — Chaix, Paris, 1889. — Grand in-8° de 47 pages et 26 pl. demi-grand-aigle.

30923 — De M. A. Vuigner (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Ascenseur pour wagons de chemins de fer. Disposition à guidage oblique.* — Imprimerie des Halles et de la Bourse du Commerce, Paris. 1889. — In-8° de 8 pages avec pl.

30924 — De M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand. Mémoires.* Tome XXIX, 1887. — Bellet, Clermont-Ferrand, 1887. — In-8° de 644 pages.

30925 — De M. Willemin. *Les traverses métalliques, dites traverses en fer Z, examinées au point de vue technique, au point de vue*

de la sécurité, de l'économie et de l'industrie belge ; suite de la brochure *les Traverses métalliques,* par un Ingénieur, publiée en janvier 1886. — Imprimerie des Travaux publics, 1889. — Grand in-8° de 16 pages avec pl.

30926 — De M. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). *Guide du Mineur à l'Exposition universelle de 1889.* — Chaix, Paris. — Grand in-8° de 214 pages.

30927 — De M. A. Bethouars. *En Autriche, Salzkammergut, Styrie, Carinthie, Alpes dolomitiques, Tyrol, Stelvio.* — A. Ghio, Paris. — In-8° de 11 pages.

30928 — De M. J.-A.-L. Waddell. *Iron Viaducts for highways (Viaducs en fer pour routes).* — Kansas Selden, G. Spencer. — In-8° de 11 pages.

30929 — De M. J.-M. Rusk. *Preliminary report on the use of metal track on railways as a substitute for woden ties.* Department of Agriculture (Forestry division. Bulletin n° 3.) — Government Printing Office, Washington, 1889. — In-8° de 79 pages. *(Rapport préliminaire sur l'emploi des traverses métalliques des Chemins de fer en remplacement des traverses en bois.)*

30930 — De M. D. Sandberg (M. de la S.). *Express trains english and foreign (Trains express en Angleterre et à l'étranger).* — Smith Elder et Cie, London, 1889. — In-8° de 181 pages.

30931 — De M. le Ministre des Travaux publics de Hollande. *Carte de Kerlingsbeek, n° 2, relative au colmatage des polders.*

30932 — De MM. Eschger, Ghesquière et Cie (M. de la S). *Notice sur les établissements métallurgiques de la Société des fonderies et laminoirs de Biache Saint-Vaast.* Exposition universelle de 1889. — P. Dupont, Paris, 1889. — In-8° de 23 pages.

30933 — De M. Bernard (M. de la S.). *Règlement et programme de l'Exposition internationale rurale et agricole que la Société rurale Argentine inaugurera le 20 avril 1889 dans la ville de Buenos-Ayres.* — Imprimerie du *Courrier de la Plata,* Buenos-Ayres, 1889. — Grand in-8° de 70 pages.

30934 — De M. A. Drouin (M. de la S.). *Notice sur les mines, usines et propriétés de la Compañia Huanchaca de Bolivia.* — Bretner-Thierry, Paris, 1889. — In-8° de 28 pages avec pl.

30935 — De MM. Sautter, Lemonnier et C^ie^ (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Catalogue des objets exposés.* Lille, Lefèvre-Ducrocq, 1889. Grand in-4°.

30936 — De M. E. Coffinet (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Notice sur les objets divers, machines et appareils, matériel de traction, matériel roulant, exposés par la Compagnie de P. L. M.* In-4°, 1889.

30937 — De M. F. de Garay (M. de la S.). *Poughkeepsie bridge designed and constructed by Union Bridge Cy New-York. Last Pin driven*

august 30, 1888. 2 photographies. (Pont Poughkeepsie, calculé et construit par la Compagnie de l'Union des Ponts de New-York. Terminé le 30 août 1888.)

30938 — Du même. *The Construction of the Poughkeepsie bridge,* by John F. O'Rourke. (American Society of civil Engineers, 1888.) (La construction du pont Poughkeepsie.) In-8° de 16 pages avec pl.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de juillet sont :

Comme membres sociétaires :

MM.	J. Allard,	présenté par MM.	Périssé, Mallet et Vallot.
	E. Auscher,	—	Mallet, Carimantrand et Lévi.
	A. de Gennes,	—	Gottschalk, Trélat et de Dax.
	P. Saillard,	—	Gassaud, Boucher et Regnard.
	L. Salazar,	—	Contamin, Charton et Barbet.
	J. Smith,	—	Beckwith, Pollok et Bouscaren.

Comme membres associés :

MM.	F. Fenaille,	présenté par MM.	Brûll, Godillot et Couvreux.
	G. Renard,	—	Godillot, Couvreux et Gérard.
	L. Lesage,	—	Vallot, Bert et Bertrand de Fontviolant.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1889

Séance du 5 juillet 1889.

PRÉSIDENCE DE M. G. EIFFEL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Ch. Quehen, membre de la Société depuis 1883.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Charles Lucas a été nommé membre du Jury des récompenses de l'Exposition d'Économie sociale, et M. A. Bonna, membre du Jury de la classe 73 *bis* (Agronomie et Statistique agricole).

La Société a reçu la lettre suivante de M. de Coëne :

Monsieur le Président,

Depuis 1848 nous nous efforçons d'obtenir que le Conseil des Ponts et Chaussées admette la possibilité de travaux propres à l'amélioration de l'estuaire de la Seine.

Après une lutte de quarante ans, en 1886, après de longues discussions, le principe est enfin admis.

Au congrès de Francfort, en 1888, des règles ont été posées, appliquées à l'embouchure de la Tees, on a obtenu un chenal fixe, des profondeurs considérables, et on a permis à la marée le moyen de se propager avec une rapidité qu'elle n'avait jamais eue jusque-là, c'est un succès magnifique.

M. Vernon-Harcourt, dans la note qu'il a lue à la Société des Ingénieurs civils de Londres et qu'il a adressée à la Société, a démontré à son tour : que, contrairement à ce qui a été dit jusqu'ici, les

estuaires peuvent être améliorés. Il y a des règles qui sont déterminées par l'étude rigoureuse des faits.

Il prouve, au moyen d'expériences analogues à celles préconisées par M. Osborn-Regnold's, de Manchester, qu'il ne faut pas laisser au hasard le soin de déterminer la forme et la direction des digues. Les conditions du problème étant bien déterminées, la solution s'impose — après des expériences préparatoires.

Il résulte des expériences poursuivies par M. Vernon-Harcourt depuis deux années que le rétrécissement de l'entrée du fleuve, des digues régulièrement tracées comme celles que nous avons indiquées en 1886 et en 1888 donneront devant le Havre de grandes profondeurs, un chenal absolument fixe à grande profondeur et une magnifique rade dans l'estuaire de la Seine où les profondeurs seront conservées par des dragages facile à pratiquer.

Il montre que le projet de M. Vauthier et celui de l'administration laisseront divaguer le chenal et auront des barres dangereuses à l'aval.

Telle est la situation actuelle de la question.

Avant de répondre à M. Fleury, je cite ci-dessous les conclusions de M. Franzius qui s'appliquent à la Seine.

« 4° Lorsqu'on se trouve en présence d'embouchures de fleuves où la » *marée est puissante*, on doit chercher à résoudre le problème de la » navigabilité de ces embouchures, par *l'augmentation des masses d'eau* » *et des vitesses*. (Nous donnons ici le nom d'embouchure à la partie » du fleuve comprise depuis la mer jusqu'à l'endroit où la marée cesse » de se faire sentir.) A cet effet, il faut que l'embouchure se développe » en forme d'entonnoir, par des élargissements successifs vers le bas. » Cependant il ne faut pas que, par ces améliorations, *la vitesse moyenne* » *diminue dans la passe du fleuve ni dans le lit.*

» Il faut en outre que les lignes du lit des *eaux basses soient bien tracées* et que, s'il est possible, ce lit soit borné des deux côtés de digues » *peu élevées ;* par contre *les hautes eaux doivent trouver un bassin aussi* » *large que possible pour recevoir le surplus des eaux.* »

En ne citant pas *in extenso* les conclusions de M. Franzius, M. Fleury laisse planer un doute qu'il m'a paru nécessaire de dissiper.

Les travaux de la Tees reproduisent en entier les conclusions de Francfort : digues de direction allant en s'élargissant vers l'aval, rétrécissement du débouché, conservation au moyen de digues hautes du plus grand volume d'eau possible dans l'estuaire à marée haute, pour conserver une chasse puissante — tout cela a été fait sur la Tees.

Il est évident pour tous ceux qui ont suivi les discussions que le problème d'amélioration des estuaires a fait un grand pas. On le doit : aux discussions de la Société des Ingénieurs civils, aux conclusions de M. Franzius, aux travaux de M. Fowler sur la Tees, aux travaux de Malamocco à Venise et enfin aux travaux et aux expériences de M. Vernon-Harcourt qui ont placé la question dans une voie d'où elle ne peut plus sortir aujourd'hui.

Veuillez agréer, etc.

J. DE COENE.

M. LE PRÉSIDENT propose, au nom du Comité, d'ouvrir, au sein de la Société, une souscription en faveur des familles des victimes de la terrible catastrophe de Saint-Etienne.

Plus que personne, les Ingénieurs doivent être émus par la cruelle infortune qui frappe les ouvriers mineurs; tous voudront aujourd'hui apporter leur offrande, comme ils l'ont fait lors des accidents du puits Jabin, du puits Chatellus et de Cransac.

Aussi, comprenant qu'en matière de secours la rapidité est une condition essentielle, le Comité n'a-t-il pas craint de préjuger du résultat de la souscription en décidant qu'un premier envoi de mille francs serait fait ce soir même. *(Approbation unanime.)*

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'un registre de souscription est ouvert dès à présent au Secrétariat de la Société.

Une somme d'environ 500 *f* est recueillie séance tenante.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que Mme Benjamin Normand, veuve de notre regretté collègue, lui a demandé l'appui moral de la Société des Ingénieurs civils auprès de la Société d'Encouragement, pour l'obtention d'un prix de 12 000 *f*; M. Brüll va donner à ce sujet des renseignements qui permettront à l'Assemblée de juger si la demande en question doit être accueillie.

M. BRÜLL s'exprime comme suit :

Messieurs, beaucoup d'entre vous se souviennent certainement des communications successives, toutes très importantes, que nous a faites de 1863 à 1873 notre regretté collègue Benjamin Normand, sur l'utilisation de la vapeur par détente étagée dans deux ou plusieurs cylindres.

B. Normand est l'inventeur des machines à double ou multiple expansion, qu'on appelle, depuis quelques années, machines *compound*.

C'est bien une invention française qui se trouve cachée sous cette dénomination anglaise que nous savons à peine prononcer : il ne saurait subsister à ce sujet l'ombre d'un doute ; nos archives en font foi.

L'Institut l'a reconnu en décembre dernier en accordant le prix Plumet aux travaux de Benjamin Normand, sur le rapport de M. Bouquet de la Grye.

Vous pouvez voir, en ce moment, au milieu du Palais des Machines, à l'Exposition, l'éclatante consécration de la découverte de B. Normand dans l'exposition des grandes inventions françaises de la mécanique générale présentée par la section française de la classe 52.

Normand a construit le premier des machines dans lesquelles la vapeur agit successivement sur deux pistons actionnant des manivelles à angle droit. Il a établi ce système de machines sur un assez grand nombre de navires, qui ont donné de très bons résultats en service : sa veuve fournit, à cet égard, les témoignages des propriétaires de ces navires. Malgré ce succès technique, Normand n'a pas eu la satisfaction de faire prévaloir ses idées dans la pratique générale : il a fallu

d'autres interventions pour développer les applications de son système de machine.

C'est lui encore qui a construit, en 1872, la première machine marine à triple expansion *(Montezuma)*. Ce système est maintenant devenu d'une application à peu près universelle.

Aujourd'hui, la veuve de notre collègue, tant pour faire valoir les services considérables qu'il a rendus à la marine, que pour trouver l'aide dont ont besoin ses quatre enfants, dans la situation difficile où l'a laissée la mort de son mari, s'est adressée à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Cette puissante Société est, vous le savez, très libérale aux inventeurs : elle accorde aux grandes découvertes des prix de 6 000, de 12 000 *f* même.

Un de ces prix est destiné cette année à la découverte la plus utile à l'industrie française. Mme Normand demande l'appui de la Société des Ingénieurs civils, auprès de la Société d'Encouragement, dans le but d'obtenir ce prix. Je pense que vous approuverez tous que notre Société recommande la demande présentée par Mme Benjamin Normand à la Société d'Encouragement. *(Approbation unanime.)*

M. le Président annonce que MM. A. Brüll et L. Caen veulent bien se charger de présenter un compte rendu sommaire de la réception faite aux Ingénieurs américains par la Société des Ingénieurs civils.

La parole est à M. Brüll.

M. Brüll : Messieurs, à la séance du vendredi 21 juin, vous avez été informés que trois cents Ingénieurs américains étaient arrivés à Calais, la veille, et de Calais avaient été amenés à Paris par train spécial.

Dès le lendemain de cette séance, c'est-à-dire le samedi 22 juin, a commencé une série de réceptions dont vous connaissez tous le programme.

C'est samedi, dans la matinée, qu'une première réunion a été tenue à l'exposition de la Société, classe 63 ; après quelques paroles de bienvenue et de remerciements, nous nous sommes rendus à la tour de 300 *m* dont nous avons monté par les ascenseurs les trois étages. Après un déjeuner sur la première plate-forme, des visites par groupes se sont faites dans les différentes parties de l'Exposition. Les jours suivants, des promenades ont eu lieu dans les égouts, aux irrigations de la plaine de Gennevilliers, aux manufactures de Sèvres, des Gobelins, à l'École des Mines, à la Bibliothèque nationale, au Musée Carnavalet, aux établissements de la Compagnie des Omnibus et de la Compagnie des Voitures, etc., etc.

Le Bureau de la Société des Ingénieurs civils a présenté les chefs des Ingénieurs américains à M. le Président de la République et nous avons trouvé, auprès de M. Carnot, l'accueil le plus distingué et le plus aimable.

Nous avons aussi introduit nos confrères auprès du Conseil municipal de Paris qui nous a tous reçus de la façon la plus flatteuse. M. le docteur Chautemps, président du Conseil, a prononcé en cette occasion les paroles les plus élogieuses pour les Ingénieurs en général, en même temps

que des remerciements chaleureux ont été présentés par les Ingénieurs américains.

Enfin, nous avons rendu visite au Préfet de la Seine, entouré de ses chefs de services, et nous avons été reçus de la façon la plus distinguée.

Dans ces diverses visites, des Commissaires ont pris la peine de relever des notes de façon qu'un compte rendu puisse vous être présenté et prendre place dans les bulletins. M. Caen, qui a été un des plus zélés de nos commissaires, a bien voulu réunir et coordonner ces notes et pourra dans un instant vous en donner connaissance.

Pour ma part, je me bornerai à dire le concours très précieux et l'accueil très hautement distingué que la Société a pu obtenir de ces différentes autorités et administrations auxquelles elle a fait appel pour recevoir les Ingénieurs américains. Nous avons été reçus dans toutes les institutions par les administrateurs eux-mêmes, entourés de leur haut personnel, et chacun de ces messieurs s'est plu à nous accompagner et à nous donner des explications détaillées. Nous tenons à consigner ici l'expression de notre reconnaissance.

Il résulte de cet accueil très hospitalier que la Société des Ingénieurs civils gagne chaque jour en importance et en influence, et il y a là un ensemble de manifestations d'estime dont nous pouvons nous féliciter hautement.

Nous croyons pouvoir dire aussi que nos invités, les Ingénieurs américains, que nous avons quittés à la fin de la semaine passée, ont emporté une heureuse et vive impression de l'accueil que vous leur avez fait. Nous avons noué là, ou plutôt resserré, des amitiés précieuses.

Le Président des Ingénieurs mécaniciens, M. Towne, qui est parti aujourd'hui même pour l'Angleterre, a pris soin de nous adresser une lettre des plus aimables où il s'est répandu en remerciements qui s'adressent à vous tous.

Je crois que ce sont là des résultats qui méritaient de vous être signalés. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que MM. Whittemore et Towne lui ont témoigné en termes chaleureux les sentiments de confraternité de leurs collègues américains à l'égard des Ingénieurs civils français, et lui ont déclaré que les Sociétés qu'ils président se tenaient à la disposition des Membres de la Société des Ingénieurs civils de France, pour leur prêter appui en Amérique, si l'occasion s'en présentait. M. le Ministre des États-Unis lui a également exprimé ses vifs remerciements pour l'accueil fait à ses compatriotes par la Société des Ingénieurs civils.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que, sur sa demande, M. le Président de la République a bien voulu inviter personnellement les Ingénieurs américains à une matinée donnée à l'Élysée. M. Carnot a également eu l'extrême amabilité de mettre sa loge de l'Opéra à la disposition de nos collègues étrangers.

M. LE PRÉSIDENT termine en exprimant sa conviction que la Société des Ingénieurs civils vient de se créer en Amérique des amitiés sérieuses et de nouer des relations précieuses. *(Vifs applaudissements.)*

M. POLONCEAU rappelle que les Ingénieurs américains ont visité, sous

la conduite des délégués de la Société des Ingénieurs civils, l'Exposition des machines locomotives et du matériel roulant de chemin de fer.

Ils ont également visité le dessous des fontaines lumineuses et le pavillon de la Ville de Paris. A ce propos, M. Polonceau rend hommage à l'amabilité avec laquelle M. Bechmann a bien voulu se charger de décrire les différents objets exposés par le service de la Voirie et des Eaux, et de faire une conférence des plus intéressantes sur le fonctionnement des fontaines lumineuses.

M. Périssé rend également hommage à l'excellent accueil qu'ont reçu de M. Deck les cent cinquante Ingénieurs américains et français qui se sont rendus à la Manufacture de Sèvres ; la très instructive visite des ateliers de la Manufacture a eu lieu en deux groupes ; elle a duré environ deux heures.

M. L. Caen a la parole pour compléter les renseignements généraux donnés par M. Brüll, en présentant un *compte rendu sommaire* des différentes visites faites par les Ingénieurs américains sous la conduite de la Société des Ingénieurs civils. Il s'exprime comme suit :

Les Ingénieurs américains, arrivés à Paris le jeudi 20 juin, à 9 heures du soir, se trouvèrent samedi 22 juin, à 10 heures du matin, au rendez-vous qui leur avait été indiqué à l'Exposition au salon de la Société des Ingénieurs civils où ils furent reçus par M. le Président Eiffel et par les membres du Comité.

M. Eiffel, après avoir présenté ses collègues aux Ingénieurs américains, leur adresse des paroles de bienvenue. M. Chanute, vice-président des Ingénieurs américains, exprime les remerciements de ses collègues pour le cordial accueil qui leur est fait. M. Eiffel invite toutes les personnes présentes à se rendre à la tour de 300 *m* par le chemin de fer que M. Decauville met gracieusement à la disposition de la Société. Ce chemin de fer venait d'être terminé pendant la nuit et d'être reçu par l'administration de l'Exposition en vue de faciliter notre excursion.

Les visiteurs sont reçus au pied de la tour et aux différents étages par les Commissaires de la Société qui leur donnent tous les renseignements qui peuvent les intéresser.

A midi et demi un déjeuner, auquel prennent part les Ingénieurs américains et un certain nombre de membres de la Société — en tout 465 personnes, — est servi sur la première plate-forme de la tour.

La réunion est présidée par M. Eiffel ayant à sa droite M. W. Reed, ministre des États-Unis, et à sa gauche M. le général Franklin, commissaire général des États-Unis à l'Exposition. A la table d'honneur se trouvent M. Whittemore, président honoraire, et M. Towne, président des Ingénieurs américains, ainsi que M^mes^ Whittemore et Towne, MM. Torrey, Chanute, Woodbury, Oberlin Smith, etc., membres du Comité, MM. Berger, amiral Mouchez, Haton de la Goupillière, Bechmann, etc.

La plus franche cordialité règne pendant le repas. Au dessert, M. Eiffel porte la santé de M. Carnot, au double titre de Chef de l'État et d'Ingénieur, et remercie les Américains de s'être rendus à l'invitation de la Société.

M. Towne répond d'abord quelques mots en français, puis il exprime en anglais les sentiments de reconnaissance de ses collègues.

M. Bandérali porte en anglais un toast aux dames présentes et rappelle le bienveillant accueil dont il a été l'objet de la part des Ingénieurs américains, lors de son voyage en Amérique.

Ces toasts sont fréquemment interrompus par de chaleureux applaudissements.

Trois « cheers » pour M. Eiffel, président de la Société des Ingénieurs civils, terminent le banquet et tous les invités descendent au pied de la tour et se forment en sept groupes pour la visite des diverses parties de l'Exposition, où quelques exposants, prévenus à l'avance, leur fournissent des explications.

Le lundi 24 juin était réservé à diverses visites et les délégués se sont répartis pour la conduite des différents groupes suivant les instructions qui leur avaient été données.

Deux groupes comprenant une centaine de personnes chacun, parmi lesquelles un certain nombre de dames, sont entrés à 9 heures du matin dans les égouts, l'un par la place du Châtelet, l'autre par la place de la Madeleine. Les deux convois se sont rencontrés à la place de la Concorde.

L'itinéraire suivi était la rue Royale, — trajet en bateau, — la rue de Rivoli et le boulevard Sébastopol, — trajet en wagon. M. Prangey, inspecteur municipal du service des égouts, et le personnel sous ses ordres dirigeaient la visite avec l'autorisation de M. Alphand et de M. Bechmann. Chaque groupe est sorti à 10 heures 1/2 par le point qui avait servi d'entrée à l'autre. Pendant tout le trajet les ingénieurs délégués ont fourni à leurs collègues américains tous les détails concernant l'immense réseau d'égouts de la ville de Paris qui semble les intéresser vivement.

Pendant cette visite, d'autres groupes visitaient les différents établissements indiqués également au programme et étaient reçus :

Aux Gobelins, par M. Gerspach; à l'Institut Pasteur, par M. Pasteur et M. le docteur Roux; à l'École nationale des Mines, par M. Haton de la Goupillière, directeur, M. Carnot, sous-directeur, MM. Friedel, Fuschs, Le Châtelier et quelques autres professeurs, et à l'Observatoire, par M. l'amiral Mouchez.

Afin d'éviter des redites, nous mentionnerons une fois pour toutes l'excellent accueil dont les Ingénieurs américains ont été l'objet dans ces divers établissements et la satisfaction de ces derniers après chacune de ces visites.

L'après-midi était consacrée à la visite, en deux groupes, des installations de la Compagnie générale des Voitures et de la Compagnie des Omnibus.

Des landaus et des breaks étaient mis à la disposition des invités par la Société. L'itinéraire du premier groupe était le suivant : boulevard Barbès, Compagnie des Voitures, Manutention; Compagnie des Omnibus, rue Championnet; Compagnie des Voitures, ateliers de la rue d'Aubervilliers, boulevard Bourdon; dépôt de la Compagnie des Omnibus.

L'autre groupe suivait, en ordre inverse, le même itinéraire.

Les deux groupes partis, l'un de la Madeleine, sous la conduite de M. Eiffel, l'autre du Châtelet, devaient se rencontrer rue d'Aubervilliers où, dans un hall, avait été dressé un buffet par les soins de l'Administrateur de la Compagnie des Voitures.

Avant de quitter les ateliers de la Compagnie des Voitures, M. Eiffel porte un toast à M. Bixio, membre de la Société, qui a organisé cette visite et le remercie des intéressantes explications qu'il a fournies. Il ajoute que, pour sa part, il a pris le plus vif plaisir à parcourir ces diverses installations, particulièrement la manutention qui est l'œuvre personnelle de M. Bixio.

M. Bixio remercie M. Eiffel et les Ingénieurs américains d'avoir répondu à son invitation, et exprime l'espoir qu'ils auront été satisfaits de cette visite.

M. Watson adresse, en français, des remerciements, au nom de ses compatriotes.

Trois « cheers » pour M. Eiffel et M. Bixio terminent cette visite.

A la Compagnie des Omnibus, même accueil bienveillant ; M. de Tavernier, administrateur général de la Compagnie, assisté de M. Mauclère, directeur des ateliers, et de M. Baril, architecte de la Compagnie, font les honneurs aux Ingénieurs américains.

Par une attention délicate et à laquelle les Ingénieurs américains ont été très sensibles, les portes des divers établissements de la Compagnie des Voitures et de la Compagnie des Omnibus étaient pavoisées aux couleurs des Etats-Unis et de la France.

Le mardi 23 juin, les groupes constitués comme le 22, se rendent, le matin, à l'Exposition et continuent les visites commencées. Un certain nombre, sous la conduite de M. Bechmann, visite l'infrastructure des fontaines lumineuses ainsi que le pavillon de la Ville de Paris.

L'après-midi était consacré à la visite de l'Hôtel Carnavalet, du Conservatoire des Arts et Métiers, de l'Hôtel des Invalides et du Jardin des Plantes.

Au musée historique de la Ville de Paris, les visiteurs introduits par M. Brichaud ont reçu d'intéressantes explications de M. Cousin, l'érudit conservateur de ces collections.

Une excursion à Gennevilliers, à laquelle prirent part environ quatre-vingts personnes, eut lieu sous la conduite de M. Brûll.

M. Launay, Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé plus spécialement des irrigations d'Achères, montre aux visiteurs l'usine élevatoire, le jardin d'expériences de la ville et les champs de Gennevilliers. M. Pommier, maire de Gennevilliers, et M. Gaussier, président du Syndicat des agriculteurs, donnent des explications sur les travaux d'irrigation au point de vue agricole.

A midi, les excursionnistes se réunirent à un déjeuner offert par la Société. M. Brûll présidait, ayant à sa droite M. Launay et à sa gauche M. Pommier.

Au dessert, M. Brûll, après avoir remercié M. Launay de son gracieux accueil, résume dans un discours en anglais, très net et très intéressant, toutes les explications qui ont été données à nos invités.

Il fait rapidement l'historique de la question de l'utilisation des eaux

d'égout, depuis son origine, et tout en félicitant les Américains de n'avoir pas encore besoin de s'occuper, du moins au même degré que nous, des questions d'engrais et d'assainissement, il les engage à ne pas oublier la visite qu'ils viennent de faire et qui pourra leur être utile un jour. Enfin, il porte la santé de M. Launay.

M. Launay répond à M. A. Brüll et demande à rappeler le souvenir de son maître et prédécesseur, M. Durand-Claye, que la mort a enlevé prématurément à ses travaux.

M. de Garay, de Mexico, dit que le nom de Gennevilliers est aussi connu de l'autre côté de l'Océan qu'en France.

M. Kent, au nom des Américains, remercie les Ingénieurs civils de leur charmante hospitalité et exprime l'avis que les Américains auront bientôt à appliquer les systèmes d'assainissement aux grandes agglomérations de leurs villes.

Enfin, après un toast porté à la santé des dames, par M. Edmond Coignet, les excursionnistes rentrent en voitures à Paris.

Dans la matinée de mercredi, des visites ont eu lieu à l'Hôtel de Ville, au Musée des Thermes et à l'Hôtel Cluny, dont les honneurs ont été faits par M. Darcel ; à la Bibliothèque nationale, où M. Delisle, administrateur, a reçu nos invités, qui ont été ensuite guidés par MM. les conservateurs Thierry, Chabouillet, Delaborde, Michelant ; enfin, à la Manufacture de Sèvres, où les visiteurs, au nombre de 120 à 150, conduits par M. Périssé, ont été reçus par M. Deck et ont passé en revue toute la série des opérations de fabrication et de peinture, sous la direction de M. Hallion, chef des ateliers de décoration.

Pour le lendemain, une excursion aux ateliers de M. Decauville était indiquée au programme. Nos confrères américains ont été reçus avec une amabilité et une cordialité parfaites par M. Decauville et sa famille, et ont pris le plus vif intérêt à la visite des ateliers de Petit-Bourg.

Cette magnifique réception a terminé la série des visites inscrites au programme de la Société des Ingénieurs civils.

La veille, le mercredi soir, M. Towne, président de la Société américaine, avait réuni ses collègues à l'amphithéâtre de la Société pour prendre les mesures concernant la séparation des visiteurs après la visite à Petit-Bourg. Là, ces messieurs décidèrent qu'une lettre serait adressée à la Société des Ingénieurs civils pour la remercier de son excellent accueil.

Avant de terminer, constatons que le beau temps a toujours favorisé les diverses excursions et qu'il y a lieu de remercier M. Brüll, président de la Commission d'organisation, pour le soin qu'il a apporté, d'abord à la rédaction, puis à l'exécution du programme. Toutes les parties de ce programme ont été exécutées de point en point, et malgré le grand nombre de nos invités, qui rendait la chose plus difficile, rien de ce qui pouvait être utile ou agréable à nos hôtes, n'a été omis.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société des Ingénieurs civils n'a qu'à se louer d'avoir reçu les Ingénieurs américains. Les excellents résultats de cette réception sont dus au Président et aux Membres de la Commission d'organisation, à qui M. le Président propose d'adresser, par acclamation, des remerciements. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. H. Hersent sur *le Bassin de radoub de Saïgon.*

M. H. Hersent rappelle que c'est à M. Triger que revient l'honneur d'avoir employé, pour la première fois, l'air comprimé au fonçage d'un puits des mines de Chalonnes, en 1839 ; il décrit ensuite brièvement le procédé imaginé par cet Ingénieur pour siphonner de l'eau à une altitude supérieure à celle qui correspond à la pression de l'air comprimé dans le caisson.

L'air comprimé fut employé, en Angleterre, pour la construction d'une pile du pont de Salstach ou de Rochester, et, en France, pour la fondation des piles du pont de la Quarantaine sur la Saône, à Lyon, puis au pont de Mâcon, etc.

La construction des piles du pont de Kehl, sur le Rhin, marque l'origine de l'emploi des grands caissons en fer, imaginés par MM. Fleur-Saint-Denis et Joyant, et au fonçage desquels M. Hersent collabora avec M. Castor.

Cette expérience a eu de très grandes conséquences, dont la principale consiste dans l'abaissement considérable du prix de revient des maçonneries de fondation construites au moyen de l'air comprimé.

M. Hersent aborde ensuite la question de la construction du bassin de radoub de Saïgon.

Le traité intervenu entre M. Hersent et l'État a été signé le 4 décembre 1883, et l'inauguration du bassin eut lieu le 1er janvier 1888 en présence de M. Constans, alors gouverneur général de l'Indo-Chine, actuellement Ministre de l'Intérieur.

Les travaux du bassin de radoub de Saïgon comportent l'enlèvement de 250 000 m^3 de déblais, tant pour la fouille du bassin que pour le chenal d'accès, la construction d'environ 70 000 m^3 de maçonnerie, l'établissement de machines à vapeur pour les pompes d'épuisement, donnant une force totale de 280 chevaux, les pompes, enfin l'installation d'un bateau-porte de 265 *t*.

L'ensemble a été exécuté presque entièrement à forfait, pour une somme d'environ 7 000 000 *f*; d'où il résulte que la maçonnerie ressort au prix moyen de 100 *f* le mètre cube environ, prix comprenant d'ailleurs les frais d'installation de tous les accessoires du bassin de radoub.

M. Hersent fait remarquer que cet ouvrage considérable a pu être exécuté en quatre ans seulement, dans une colonie éloignée dont le climat est réputé assez mauvais, malgré les entraves causées par l'extraction de plus de 20 000 m^3 de roches appelées « bien-hoa » qui furent rencontrées tant dans la fouille du bassin que dans celle du chenal, et malgré les difficultés qu'on eut à se procurer la main-d'œuvre pendant la guerre du Tonkin.

Il fait ressortir que ce résultat de bonne et rapide exécution a été la conséquence, non seulement d'une bonne organisation, mais encore du concours absolument dévoué des agents de tout ordre qui ont été chargés de la direction des travaux sur place.

Il exprime à cette occasion tous les regrets qu'il éprouve de la mort de M. Baruzzi, qui a dirigé et mené à bien cette difficile entreprise.

M. Hersent aborde enfin la description des moyens mis en œuvre pour la construction du bassin de radoub. — (Cette partie de la communication de M. Hersent fera l'objet d'un travail détaillé qui sera inséré *in extenso* dans le Bulletin.) *(Applaudissements.)*

Sur la demande de M. le Président et de M. Jousselin, M. Hersent donne quelques indications complémentaires sur le procédé employé pour faire le joint entre les deux caissons de fondation du bassin de radoub, sur le mode d'attaque de la fouille et sur l'enlèvement des déblais.

M. Jousselin dit qu'aux noms cités par M. Hersent il convient d'ajouter ceux de MM. Bergeron et Julien que l'on doit compter parmi les promoteurs de l'emploi de l'air comprimé en France: M. Bergeron, après avoir suivi les travaux du pont de Rochester, construisit le pont de Mézidon, en 1856; M. Julien, de son côté, construisit plusieurs ponts sur l'Allier.

M. le Président remercie M. Hersent d'avoir présenté une aussi intéressante communication. Les renseignements précieux apportés par M. Hersent sont le fruit d'une longue expérience acquise dans de nombreux et importants travaux qui lui font le plus grand honneur et dont les Ingénieurs civils français peuvent être fiers à juste titre. *(Applaudissements.)*

M. Polonceau appelle l'attention de la Société sur un point que, par modestie, M. Hersent a passé sous silence: Si le succès de l'entreprise de Saïgon est dû, en partie, au zèle de ceux qui ont conduit les travaux sur place, il doit surtout être attribué au soin tout particulier avec lequel M. Hersent avait fait les études, et à l'attention qu'il avait apportée à prévoir tous les accidents possibles et à indiquer d'avance les moyens d'y remédier, le cas échéant.

L'honneur de la réussite revient donc bien, pour la plus grande part, à M. Hersent.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 19 juillet 1889.

Présidence de M. P. Jousselin, Vice-Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 juillet est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les distinctions honorifiques suivantes, accordées à plusieurs membres de la Société :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. A. Guillotin et E. Lantrac.

Chevalier de la Légion d'honneur : M. Ch. Grébus.

Officiers de l'Instruction publique : MM. V.-A. Deschiens et S. Périssé.
Officiers d'Académie : MM. E. Baril, E. Baudet, T. Combes, Dorion, P.-H. Guérin, Maillet, Morice, Ch.-E. Noël et Verrine.
Chevaliers du Mérite agricole : MM. Cotard et Saillard.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que la Société a reçu les lettres suivantes :

1° Une lettre de M. P. Buquet, accompagnant l'envoi d'un exemplaire du Livre d'or des Anciens Élèves de l'École centrale ; cet exemplaire est, en tout, semblable à celui qui figure à l'Exposition de l'École centrale.

M. LE PRÉSIDENT adresse des remerciements à M. P. Buquet, au nom de la Société.

2° Une lettre de M. Cochrane, président de la Société des « Mechanical Engineers », adressée à M. Eiffel et dont voici la traduction :

« Cher Monsieur,

» Dès mon retour en Angleterre, mon premier devoir, qui m'est des » plus agréables, est de vous présenter l'expression, quelque imparfaite » qu'elle puisse être, de mes remerciements pour tout ce que vous avez » fait, vous et vos collègues de la Société des Ingénieurs civils, pour les » membres de l'Institution of Mechanical Engineers pendant notre » visite à Paris, la semaine passée. J'ai à peine besoin de vous donner » l'assurance que nos membres ont hautement apprécié toutes les bontés » dont ils se sont vus comblés par vous et par le Comité de réception, et » tout spécialement la belle visite à la tour admirable qui a rendu à » juste titre votre nom célèbre dans le monde entier.

» Longtemps encore le souvenir de notre troisième meeting de Paris » restera gravé dans la mémoire de ceux qui ont été assez heureux pour » avoir le plaisir d'y prendre part, et aussi de bien d'autres qui en entendront parler par les premiers et regretteront de n'avoir pu profiter de » votre invitation.

» En vous renouvelant mes remerciements, je reste, cher Monsieur, » votre dévoué.

» COCHRANE. »

(De vifs applaudissements suivent la lecture de la lettre de M. Cochrane.)

3° Une lettre par laquelle M. Emmanuel-Denis Farcot invite les membres de la Société à aller voir fonctionner à l'Exposition (classe 52, galerie des Machines) un ventilateur d'un type nouveau, pouvant, sans bruit et sans danger, donner des pressions de 1,10 *m* d'eau ou 0,08 *m* de mercure.

Divers ventilateurs analogues, mais plus grands, ont été construits sur ce type et fonctionnent très bien ; M. Emmanuel-Denis Farcot ajoute qu'il fera ultérieurement à la Société une communication sur la théorie de ce nouveau système de ventilateur, théorie qui a été corroborée par les résultats pratiques obtenus.

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'un dessin de cet appareil, envoyé par M. Farcot, est déposé à la Bibliothèque, où les membres de la Société pourront le consulter.

4° Une lettre par laquelle M. Mottet demande, au nom de M. Oriolle, qu'une délégation de Membres de la Société soit chargée de suivre les expériences de traction mécanique sur les canaux, entreprises par M. Oriolle, sur le canal de Tergnier, à Saint-Quentin.

Après un échange d'observations entre M. Oriolle, qui assiste à la séance, M. le Président et M. Carimantrand, il est décidé, sur la proposition de M. Régnard, qu'une circulaire sera adressée aux membres de la Société pour les inviter à assister à ces expériences qui auront lieu le dimanche 28 courant.

5° Les deux lettres suivantes de M. F. Reymond et de M. le Préfet de la Loire, en réponse à l'envoi d'une somme de mille francs à valoir sur le montant de la souscription ouverte au sein de la Société en faveur des victimes de la catastrophe du puits Verpilleux, à Saint-Étienne.

« Mon cher Président,

» J'aurais voulu venir vous apporter moi-même, avec les remercie-
» ments contenus dans la lettre ci-jointe du Préfet de la Loire, l'expres-
» sion de ma profonde gratitude.

» Soyez mon interprète et agréez l'assurance des sentiments les plus
» cordiaux de votre dévoué

» F. Reymond. »

« Monsieur le Président,

» Je vous prie de recevoir, au nom de la population stéphanoise, tous
» mes remerciements pour la somme que vous avez bien voulu me faire
» parvenir par l'entremise de M. le sénateur F. Reymond, et qui pro-
» vient d'une souscription généreusement ouverte entre MM. les mem-
» bres de la Société des Ingénieurs civils de France pour venir en aide
» aux familles des victimes de la catastrophe du puits Verpilleux.

» Veuillez agréer, etc.

» *Le Préfet de la Loire,*
» Galtier. »

6° La lettre ci-après de M. Chapman :

« Monsieur le Président,

» J'ai le plaisir de vous remettre, avec cette lettre, une somme de
» 1 625 *f*, au nom de notre président, M. Charles Cochrane, et d'un cer-
» tain nombre de ceux des membres de notre Société qui viennent d'as-
» sister au Meeting de Paris, et je vous prie de bien vouloir ajouter cette
» somme à la souscription que vous avez ouverte en faveur des victimes
» de la catastrophe de Saint-Étienne.

» Nous sommes heureux, Monsieur le Président, de nous joindre, en
» cette pénible circonstance, à nos collègues de France, dont le cordial
» accueil nous a vivement touchés.

» Veuillez agréer, etc.

» Henry Chapman. »

(La lecture de cette lettre est suivie des applaudissements répétés de l'Assemblée.)

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société vient ainsi de recevoir la meilleure récompense des efforts qu'elle a faits pour recevoir dignement les « Mechanical Engineers », efforts dont le mérite revient en grande partie à M. Brûll, président de la Commission d'organisation. Il ajoute qu'une lettre de remerciements sera adressée à M. Cochrane.

7° Une lettre par laquelle M. Phillips, président du Comité d'organisation du Congrès international de mécanique appliquée, expose « qu'il » est intéressant, pour les personnes qui désirent prendre part à ce Con» grès, d'envoyer, *le plus tôt possible*, leur adhésion à M. Louis Boude» noot, boulevard Saint-Germain, 213, à Paris.

» En effet, il a été rédigé, sur les divers sujets inscrits au programme » et soumis à la discussion, des *Rapports* ou *Mémoires résumés*, émanant » de membres du Comité d'organisation, et qui doivent être envoyés à » l'avance à chacun des membres du Congrès, de manière à préparer » une discussion utile et féconde.

» Il est donc nécessaire de connaître au plus tôt le nombre des adhé» rents au Congrès, afin de faire tirer le nombre voulu d'exemplaires de » ces rapports et de les expédier en temps utile aux membres du Congrès. »

8° Une lettre de M. Dallemagne, accompagnant l'envoi d'une Notice sur son *Appareil avertisseur des trains*, et annonçant que des exemplaires de cette notice seront adressés à ceux des Membres de la Société qui en feront la demande à M. Dallemagne.

L'exemplaire envoyé à la Société est déposé à la Bibliothèque.

9° Une lettre de M. J. Fleury, dont voici la teneur :

« Monsieur le Président,

» J'avais été, à mon grand regret, empêché d'assister à la dernière séance. Dans le compte-rendu qui me parvient aujourd'hui, je trouve le texte *in extenso* d'une lettre de M. de Coëne, lue au commencement de la séance et où mon nom est prononcé. Je vous demande la permission d'y répondre quelques mots.

» J'ai peine à admettre, comme M. de Coëne, que l'amélioration de l'embouchure de *la Tees* doive être mise à l'actif de la théorie des goulets rétrécis. L'amélioration, en effet, s'est produite dans *la Tees* avant tout rétrécissement, puisqu'elle a été constatée avant la construction de la digue qui devait produire le rétrécissement.

» La lettre de M. de Coëne est, d'autre part, pleine de révélations intéressantes : il parle moins de digue transversale; il tient à ce que l'embouchure se développe en forme d'entonnoir par des élargissements successifs vers le bas, à ce que les hautes eaux trouvent un bassin de réception aussi large que possible, à ce que les digues longitudinales aient une bonne direction. Si, s'appuyant sur l'autorité d'un ingénieur anglais, dont, il y a quelque temps, la compétence lui paraissait moins bien établie qu'aujourd'hui, il trouve critiquables les tracés de l'Administration et de M. L. Vauthier, ce n'est pas à moi à lui répondre sur ce point. Le pourrais-je que j'hésiterais à le faire, trop heureux de constater l'accord imprévu qui, sur tant d'autres points, paraît devoir s'établir.

» Enfin, au début de sa lettre, M. de Coëne s'exprime ainsi : « Nous

» nous efforçons, depuis 1848, d'obtenir que le Conseil des Ponts et » Chaussées admette la possibilité de travaux propres à l'amélioration de » l'Estuaire de la Seine. » Je me figure qu'en employant ce pluriel, M. de Coëne a voulu comprendre tous ceux qui se préoccupent comme lui de l'amélioration de l'Estuaire de la Seine. Je ne sais pas jusqu'à quel point le Conseil des Ponts et Chaussées aurait résisté à ces sollicitations, ni même s'il y a résisté. En tous cas, M. de Coëne a obéi à une inspiration à laquelle je suis heureux de m'associer, en rendant hommage à ces efforts persistants et collectifs.

» Agréez, Monsieur le Président, etc. »

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il eût peut-être été préférable d'ajourner la communication de la lettre qui précède jusqu'au moment où sera mise à l'ordre du jour la question de l'amélioration de l'embouchure de la Seine, mais que, cependant, devant les instances de M. Fleury, cette lettre sera insérée au procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que, pour le moment, il n'y a pas lieu de poursuivre la discussion engagée par MM. de Coëne et Fleury, qui est, en conséquence, déclarée close.

M. A. BRÜLL a la parole pour dire quelques mots de la réception des « *Mechanical Engineers* ». Il s'exprime comme suit :

Messieurs, ce n'est pas un compte rendu que je désire vous présenter aujourd'hui : les notes nécessaires n'ont pas encore été toutes réunies par MM. les Commissaires; elles ne tarderont pas, je pense, à fournir les éléments d'un historique complet. En attendant, comme on ne peut pas ne pas mentionner devant vous la semaine très agréable que nous avons passée avec nos collègues d'Angleterre, je demande à vous en dire quelques mots.

Le mardi 2 juillet, 280 membres environ de la Société des Ingénieurs Mécaniciens anglais se sont réunis le matin au Conservatoire des Arts et Métiers pour y tenir leur Congrès annuel, leur troisième Congrès de Paris.

Cette Société formait un groupe qui différait de celui des Ingénieurs américains en ce sens qu'ils venaient surtout à Paris pour travailler, de sorte qu'il ne fallait pas songer à nous emparer d'eux toute une semaine. Nous devions nous contenter des moments que laissaient libres les séances du Congrès.

Le mardi, dans la matinée, le Congrès a été ouvert par M. le président Cochrane ; le Président de la Société des Ingénieurs civils a d'abord tenu le fauteuil pour souhaiter la bienvenue aux Ingénieurs anglais, et l'a ensuite cédé à M. Cochrane qui a présenté les remerciements chaleureux de l'Institution à la Société des Ingénieurs civils.

Par un sentiment de délicatesse, on avait placé en tête de l'ordre du jour une communication de notre collègue, M. Ansaloni, qui donnait la description des trois systèmes d'élévateurs de la tour de 300 mètres. M. Eiffel a ajouté d'intéressants renseignements sur les résultats techniques déjà constatés dans l'exploitation des ascenseurs; puis il y a eu dans les deux langues une importante discussion.

Aussitôt après cette matinée de travail, les Ingénieurs anglais, divisés

en sept groupes pour visiter l'Exposition, s'y sont rendus, vers deux heures, accompagnés par une cinquantaine de membres de la Société des Ingénieurs civils qui s'étaient offerts pour les y conduire. Ces visites paraissent les avoir intéressés vivement.

Le soir du mardi, il y a eu ici, dans cette salle, une soirée. C'est la première tentative de ce genre que la Société se permettait, et elle a parfaitement réussi. On avait posé un plancher au niveau des derniers gradins, et la hauteur de la salle était encore bien suffisante. On a fait de la musique ; il y avait un buffet, quelques attractions scientifiques. Je crois que les personnes qui ont assisté à cette réunion en ont emporté un bon souvenir.

Le lendemain mercredi, dans la matinée, a été tenue la seconde séance du Congrès à laquelle ont pris part quelques-uns de nous. L'après-midi a été consacrée à la visite des ateliers du chemin de fer de Lyon ; puis des ateliers de MM. Rouart frères, qui fabriquent des moteurs à gaz, des machines brûlant l'essence de pétrole, des machines à faire le froid, des lucigènes et autres appareils d'un grand intérêt ; ils nous ont fait les honneurs de leurs ateliers, neufs, bien éclairés, bien outillés, parfaitement aménagés ; ils nous ont montré les différentes machines et nous ont offert des rafraichissements, qui, par la chaleur du mois de juillet, ont été très appréciés.

En même temps un autre groupe visitait les installations si curieuses de l'éclairage électrique de l'Opéra.

Le jeudi, après la séance du matin au Conservatoire des Arts et Métiers, ont eu lieu des visites simultanées aux établissements de force motrice de M. Popp, aux établissements de M. L. Boudenoot, dans les égouts de Paris ; ces visites ont été très intéressantes.

Le soir, nous sommes allés chez MM. Sautter et Lemonnier ; là, la visite avait un intérêt particulier ; nous avons examiné les machines à grande vitesse, les machines dynamo-électriques, l'atelier de précision, les installations de lumière, les projecteurs électriques ; les ateliers étaient éclairés *a giorno*. Nous avons pu, du haut de la tour du Phare, voir la fête de nuit de l'Exposition, qui avait lieu ce jour là, les feux d'artifice, les jets de lumière du Champ de Mars. M. Sautter nous a reçus de la façon la plus affable, et nous avons passé dans ce bel établissement une charmante soirée.

Le vendredi a eu lieu la fête la plus appréciée de toutes : la visite de la Tour de 300 *m*, avec déjeuner sur la première plate-forme. Je ne renouvellerai pas la description déjà connue de cette ascension ; vous avez vu, d'après la lettre de remerciement de M. Cochrane, combien elle a été agréable à nos collègues anglais.

Dans l'après-midi du même jour, il y a eu une visite aux magasins du Bon Marché. Il y a là, comme vous le savez, une usine de 1 000 chevaux servant à éclairer l'établissement, à élever de l'eau, à actionner des ventilateurs, des ascenseurs et des monte-charges. MM. Plassard, Morin et Fillot nous ont réservé le plus gracieux accueil.

Au Palais Royal, on a pu visiter l'installation de la station centrale d'éclairage électrique de la Compagnie Edison ; puis, nous sommes allés à la gare Saint-Lazare pour voir les installations hydrauliques.

Le samedi, dernier jour de la réception, une partie des Ingénieurs anglais ont visité le port de Calais, où ils ont été accueillis par les Ingénieurs du port et les membres de la Chambre de commerce de Calais. Un second groupe est allé chez notre collègue, M. Paul Decauville, visiter ses remarquables établissements. Ç'a encore été une journée très agréable. Après un examen rapide de la fabrication du matériel des chemins de fer portatifs et des expériences très frappantes sur le transport de l'artillerie, un déjeuner nous a été offert par M. P. Decauville.

La Compagnie de Lyon avait mis gracieusement à notre disposition pour cette excursion un train spécial dont M. Picard, chef de l'exploitation, a fait les honneurs avec la plus parfaite courtoisie.

Tel a été l'emploi de ces quelques journées. Là encore, nous avons pu resserrer des liens d'amitié, déjà anciens, et qui nous sont précieux. Et nous avons éprouvé une fois de plus le cordial empressement des industriels. Je crois que cette semaine n'a pas été une semaine perdue pour la Société des Ingénieurs civils. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT fait savoir, comme complément à la communication de M. Brüll que MM. L. Caen et Herscher jeune ont bien voulu se charger de faire un compte rendu détaillé des réceptions des Ingénieurs américains et des Ingénieurs Mécaniciens anglais. Ces comptes rendus seront publiés *in extenso* dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la Société attend la visite des Ingénieurs belges, hollandais et espagnols, ainsi que celle des Ingénieurs anglais de l' « Iron and Steel Institute ».

Ces réceptions auront lieu au mois de septembre : du 10 au 13 pour les Ingénieurs belges et hollandais, du 17 au 20 pour les Ingénieurs espagnols et du 24 au 27 pour les membres de l'Iron and Steel.

Le programme en a déjà été arrêté et sera prochainement publié en détail ; il comporte un déjeuner à la Tour, une soirée à l'Hôtel de la Société, des visites à l'Exposition, aux égouts, à Gennevilliers, dans les sous-sols de l'Opéra, enfin des excursions aux ateliers de Petit-Bourg, chez M. Decauville, et aux usines de Noisiel, chez MM. Menier.

M. le Président invite les membres de la Société, qui voudraient bien servir de guides aux Ingénieurs étrangers, nos collègues, à se faire inscrire, le plus tôt possible, au Secrétariat.

M. F. DE GARAY, membre de la Société, a la parole pour une courte communication ; il s'exprime comme suit :

Messieurs, comme membre de la Société américaine d'Ingénieurs de New-York, je suis venu, il y a quelques jours, à Paris, avec la délégation américaine que vous avez reçue si amicalement.

En venant du Mexique, mon pays natal, j'ai eu le plaisir de voir aux États-Unis mon ami, l'éminent ingénieur Macdonald, directeur de l' « Union Bridge Company », qui a déjà construit tant de ponts métalliques dans l'Amérique, et même dans d'autres pays. L'un des plus remarquables est, sans contredit, le grand pont de Poughkeepsie, sur le Hudson, qui a été livré à la circulation l'année dernière.

La plupart d'entre vous connaissent déjà ce travail gigantesque par

les publications spéciales dont il a été l'objet. Mais, aucune grande photographie de cet ouvrage n'ayant été, jusqu'à présent, envoyée en France, je viens vous en offrir une collection au nom de M. Macdonald, ainsi qu'un mémoire relatif à la construction du pont.

Ces photographies donnent une idée précise de l'ouvrage en lui-même et des moyens mis en œuvre pour l'exécuter. Elles permettent d'apprécier la valeur des nouveaux systèmes de construction usités en Amérique ; les rivets y sont presque entièrement supprimés, pour faire place à de gros boulons qui rendent le montage des poutres si facile et si économique. Ainsi, la partie métallique du pont qui nous occupe a été mise en place en quelques mois seulement.

Un exemple plus extraordinaire encore est celui du grand pont du Niagara, établi en bas de la chute, à 60 *m* de hauteur au-dessus du fleuve ; les poutres centrales de cet ouvrage, qui ont 146 *m* de portée, sont du même système que celles du pont sur l'Hudson. L'exécution à l'atelier et le montage sur place du pont du Niagara ont été effectués dans le très court délai de neuf mois et demi.

Le grand pont de Poughkeepsie se compose de cinq grandes travées de 151 et 157 *m* de portée, reposant sur des piles ou tours en acier qui s'élèvent à 40 *m* au-dessus du niveau des eaux et dont les fondations ont été descendues à 39 *m* de profondeur.

Pour satisfaire aux exigences de la navigation, on a été conduit à réduire à 24 pieds seulement la largeur à la base des piles ; on a dû également installer des becs de lumière électrique pour éclairer les bateaux au passage du pont.

Cet ouvrage a été construit avec une grande rapidité et une grande économie, malgré l'importance de l'entreprise.

Comme on peut le voir sur les dessins, deux des travées comportent des poutres droites rigides, qui ont été montées sur de grands chevalets reposant sur des pilotis énormes enfoncés au milieu du fleuve. Les trois autres travées ont été montées sur place sans échafaudages ni autres pièces accessoires, suivant le système nouveau appelé par les Américains : « Cantilever ».

Pour justifier combien grandes sont l'économie et la sécurité qui résultent de la simplicité des méthodes américaines, permettez-moi de vous rappeler ce qui se passa, il y a quelques années, sur le grand chemin de fer « Andin » qui franchit la Cordillère à une altitude de 3 700 *m*.

Au viaduc de Veraguas, trois petites travées du système Fink, de 100 pieds (30 *m*) de portée, ont été montées en seize heures par une équipe de 50 hommes, à une hauteur de 83 *m* au-dessus du sol.

Sur le même chemin de fer, on construisit quatre autres ponts de 100 pieds d'ouverture également. Deux furent exécutés par des Anglais, suivant le vieux système américain de Town. La mise en place dura plus de deux mois. Lors de l'épreuve, le premier tomba jusqu'au fond du ravin. Le second céda également à la charge et s'affaissa sur les échafaudages qui, par précaution, avaient été laissés en place. Le troisième pont, de construction française, et dont les poutres en treillis étaient rivées, fut monté en un mois environ ; il résista parfaitement à

l'épreuve. Le quatrième, de construction américaine, du système Fink, subit également l'épreuve sans accident ; il avait été mis en place *en cinq jours seulement*. Ce qui est intéressant à signaler, c'est que les trois ponts européens pesaient chacun *126 t*, et que le pont américain pesait seulement *67 t*. Ces quatre ponts étaient en fer, et les prix ont dû nécessairement être en rapport avec leur poids, malgré certaines différences dans le système de construction. *(Applaudissements.)*

M. S. Périssé exprime l'avis que, lorsque la question de temps est une condition *sine qua non*, il convient d'avoir recours aux ponts boulonnés américains, mais que, dans tous les autres cas, il y a lieu de donner la préférence aux ponts rivés.

Bien que les ponts boulonnés subissent les épreuves aussi victorieusement que les ponts rivés, il y a tout lieu de penser que ceux-ci l'emportent par la durée : le jeu qui existe nécessairement entre les boulons et les trous est, en effet, une cause grave de destruction qui n'existe pas dans les ponts rivés.

D'autre part, pour se rendre compte de l'économie que peut présenter un système sur l'autre, il faudrait mettre en parallèle, non seulement les poids, mais encore les prix unitaires de fabrication qui, d'après M. Périssé, doivent être plus élevés pour les ponts boulonnés que pour les ponts rivés.

Quoi qu'il en soit, M. Périssé rend hommage au mérite des constructeurs américains qui savent faire vite et bien, dans les limites qu'il vient d'indiquer.

M. P. Régnard dit que cette question a déjà été traitée devant la Société à l'époque où fut publié le rapport de M. Malézieux sur les grands travaux d'Amérique. Il croit que l'on fait une confusion quand on parle des boulons des ponts américains : ce ne sont pas, à proprement parler, des boulons destinés à produire un serrage, mais bien de *gros axes d'articulation*, ayant 0,25 *m* à 0,30 *m* de diamètre, tournés et ajustés, à 0,0005 *m* près, au diamètre des trous pratiqués dans les pièces à assembler.

Quant à la question de prix, M. Régnard est d'avis que le système américain doit être très économique à cause de sa légèreté et aussi parce qu'il est constitué par des fers profilés et ne comporte que peu ou point de travail de forge.

M. le Président dit que les questions abordées par MM. de Garay, Périssé et Régnard renferment les éléments d'une grande discussion qui ne peut être poursuivie actuellement, parce qu'elle n'est pas à l'ordre du jour.

Il remercie M. de Garay de sa communication ainsi que des divers documents offerts à la Société par ce sympathique collègue. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. J. Durupt sur un *système de maisons démontables*.

M. J. Durupt expose que la question des maisons portatives ou démontables a, depuis longtemps, préoccupé les constructeurs qui se sont ingé-

niés à combiner des assemblages simples et rapides pour grouper des panneaux de bois ou de fer et constituer une enceinte plus ou moins habitable.

Il y a les maisons à simple paroi et les maisons à double paroi ; les premières ne pouvant servir qu'à des locaux où l'on ne se préoccupe que fort peu du confortable, les secondes marquant une tendance à se rapprocher de l'habitation ordinaire.

Les plus connues et les plus anciennes des constructions à deux parois sont entièrement en bois ; les murs en sont creux ou pleins, le plus généralement creux, avec, pour isolant, le matelas d'air classique, stagnant ou circulant, pour diminuer le plus possible la transmission de la chaleur ou du froid, suivant les saisons.

M. Durupt décrit les inconvénients qui résultent de l'emploi des parois extérieures en bois, qui, d'aspect satisfaisant lorsque les constructions sont neuves, ne tardent pas, sous l'influence des intempéries, à perdre leur fraîcheur, se disloquer, se gercer, laissant passer l'eau et les poussières, qui finissent par influencer et dégrader également les parois intérieures.

L'isolement dû au matelas d'air a été quelque peu exagéré ; s'échauffant ou se refroidissant au contact de la paroi extérieure, l'air doit nécessairement faire prendre une partie de sa température à la paroi intérieure et pénétrer dans l'habitation par les fentes et les disjonctions qui se produisent.

D'autre part, la circulation de l'air, destinée à renouveler la couche isolante, ne semble pas toujours obéir docilement aux prévisions les mieux étudiées.

Ces considérations peuvent également s'appliquer aux maisons à double paroi en fer, avec cette aggravation que, dans ce cas, la transmission de la chaleur se fait plus rapidement que pour le bois.

Un autre inconvénient des murs creux à matelas d'air est leur sonorité ; les parois forment, en effet, deux membranes tendues qui résonnent au moindre choc et transmettent leurs vibrations à toute la construction.

Quelques constructeurs, ayant reconnu l'inefficacité du matelas d'air, ont songé à remplir les murs creux de matières isolantes, comme le sable, la terre, etc., et la nécessité de cette interposition vient d'être démontrée dernièrement au Champ de Mars même, où l'on a dû recouvrir de chaume une maison à parois creuses, afin d'atténuer la chaleur intolérable qui se concentrait à l'intérieur.

Enfin, les maisons en bois ou en fer à deux parois sont généralement constituées par un grand nombre d'éléments très petits, nécessitant au montage des soins particuliers, tant pour le classement de ces éléments que pour l'établissement d'aplomb de la construction ; celles en bois s'expédient par panneaux complets comprenant l'épaisseur du mur lui-même, de sorte que le volume de ces matériaux est considérable et leur transport d'autant plus coûteux que le tarif applicable sur les chemins de fer est celui de la menuiserie et non celui de la charpente, qui semblerait plus logique.

M. Durupt expose ensuite les principes de la construction de son système de maisons démontables.

Les parois extérieures sont en tôle ondulée galvanisée, des profils et dimensions du commerce ; elles ont de la raideur, se travaillent aisément et, groupées d'une certaine façon, ne constituent pas des surfaces trop désagréables à l'œil.

Les parois intérieures sont en frises de parquet rainées, clouées sur des cadres armés ayant de 1,50 *m* à 2 *m* de largeur sur 3 *m* à 3,50 *m* de hauteur ; les planchers sont aussi formés de panneaux. Ces pièces se boulonnent sur des montants et des poutrelles en madriers ou bastings du commerce, pour l'assemblage desquels il n'y a ni tenon ni mortaise.

Les murs sont remplis de matières isolantes et sèches que l'on peut se procurer sur place ; ce sont des aiguilles de pin, des copeaux, des déchets de liège, de la sciure de bois, de la paille et même du papier, que l'on mélange avec du sable ou de la terre, afin de provoquer un tassement de ces matières et de charger la construction pour assurer sa stabilité.

La couverture est formée de deux viroles cintrées en tôle ondulée galvanisée, non concentriques, laissant entre elles un intervalle au sommet de 0,50 *m* à 0,70 *m*, suivant les portées ; la première de ces viroles se fixe sur des sablières assemblées au sommet des poteaux de l'ossature dès le début du montage, ce qui constitue immédiatement un hangar servant d'abri aux matériaux d'approvisionnement.

Ces deux viroles sont réunies par des poutrelles longitudinales à croisillons, destinées à les solidariser ; on constitue ainsi un comble indéformable que l'on remplit également des mêmes matières que pour les parois.

La peinture s'applique facilement et adhère longtemps sur la tôle galvanisée ; on peut donc, à l'extérieur, produire quelques effets décoratifs et orner la construction d'auvents, marquises, balcons, etc.

Les cloisons intérieures sont en bois, à simple ou double paroi. Toutes les parties de la construction qui sont en bois peuvent être faites sur place ou dans la ville la plus voisine du lieu d'emploi, les repères permettant à n'importe quel ouvrier d'en opérer le montage. On évite ainsi d'onéreux frais de transport : ainsi, pour l'Égypte, la Tunisie, l'Algérie, on construit à Marseille ; pour le Sénégal, à Bordeaux et Bayonne ; pour les plages du littoral, au Havre ou à Nantes.

Ce genre de construction évite l'humidité de la façon la plus absolue, même au bord de la mer et dans les forêts, si l'on a soin d'avoir un sous-sol aéré ; sa légèreté relative permet de l'installer sur un sol sec quelconque, sans aucune espèce de fondation, et dans les pays marécageux, sur des pilotis rudimentaires ; enfin, on a reconnu une différence de 10 à 12° entre les deux faces d'un mur chauffé normalement par le soleil le plus ardent.

Les applications sont nombreuses et particulièrement intéressantes pour les « hôpitaux marins » très en vogue, et avec raison, depuis plusieurs années, qui permettent, pour une même dépense, l'admission d'un nombre au moins double de malades dans des conditions d'hygiène et de salubrité que ne présentent pas toujours les palais coûteux en maçonnerie, édifiés au bord de la mer et dont on ne peut éviter l'humidité perpétuelle.

L'épaisseur totale des murs est de 0,15 *m* à 0,20 *m* ; dans les pays

chauds, la toiture doit avoir au milieu de 0,50 *m* à 0,70 *m* d'épaisseur, pour être réellement isolante.

Le poids des fers et des bois des constructions courantes à rez-de-chaussée varie de 150 à 200 *kg*, et le prix de 80 à 125 *f* par mètre superficiel couvert, suivant la décoration et l'importance des pignons, vérandas, balcons, etc., dont on peut orner la construction. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. J. Durupt de cette communication, intéressante à bien des points de vue.

L'ordre du jour appelle la communication de M. P. Moncharmont sur son *Système de voie métallique universelle.*

M. P. MONCHARMONT, après avoir passé en revue les modes de fixation les plus usuels des rails sur les traverses en bois, définit les conditions principales qu'il croit devoir être remplies par toute traverse métallique.

Puis il aborde la description de son système auquel il a donné le nom de voie métallique *universelle*, parce qu'il s'applique aussi bien aux voies larges et aux voies étroites de chemin de fer, qu'aux voies routières et aux voies pour tramways.

Cette nouvelle voie comporte différents types de coussinets en fonte, fer ou acier, rivés sur la traverse proprement dite, qui peut être une cornière, un fer à simple T renversé à ailes inégales, ou un fer Zorés, mais toujours avec le mode de fixation du rail dans le coussinet au moyen d'une clavette indesserrable.

Deux points principaux caractérisent la clavette proprement dite :

1° Les coussinets creux en fonte dont les parois extérieures sont rivées à la traverse et les coussinets plats dans lesquels la partie centrale (c'est-à-dire celle qui correspond au patin du rail), est fixée à la traverse au moyen de rivets dont la tête supérieure est fraisée ;

2° Mode de fixation du rail dans le coussinet au moyen d'une clavette métallique encochée sur son bord en biseau et un goujon d'arrêt.

Le système est complété par une machine spéciale destinée à faire, à la position voulue, une encoche à la clavette et par un agencement désigné sous le nom d'attelage qui sert à relier la machine à un rail de la voie.

L'outillage comporte, en outre, deux appareils spéciaux qui sont :

1° Un marque-clavette ou tranche à deux branches, avec lequel on relève exactement sur la clavette serrée provisoirement dans le coussinet au degré nécessaire la position de l'encoche à faire ;

2° Un porte-clavettes ou caisson en bois, ayant des cases numérotées, destinées à recevoir, dans un ordre déterminé, les clavettes sur lesquelles a été marquée la position de l'encoche et à les rendre dans le même ordre au moment de leur emploi.

M. P. MONCHARMONT termine en mettant sous les yeux de l'assemblée des coussinets creux en fonte, des coussinets plats en acier, une machine à encocher avec son attelage et enfin l'outillage spécial relatif à la pose des clavettes indesserrables.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. P. Moncharmont de son intéressante communication. (*Applaudissements.*)

Vu l'heure avancée, la communication de M. L. Soulerin est renvoyée à la prochaine séance.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

LA LOCOMOTIVE COMPOUND

PAR

M. E. POLONCEAU

Dans les locomotives ordinaires, l'utilisation de la vapeur n'est pas aussi parfaite que dans les machines fixes *à condenseur*.

Le tirage nécessaire à la combustion intense qui se produit sur la grille d'une locomotive est obtenu en lançant dans l'air un certain poids de vapeur qui a fourni déjà un certain travail, mais qui est encore à une pression élevée.

Cet échappement de vapeur se produit pour un tour de roue deux fois pour chaque cylindre soit quatre fois pour une machine à deux cylindres.

Dans le système compound, la vapeur de la chaudière est admise dans un premier cylindre d'où elle s'échappe dans un réservoir intermédiaire avant d'aller alimenter un second cylindre de diamètre plus grand que celui du premier où elle se détend.

Les avantages signalés pour les machines compound sont de deux ordres :

Mécaniques et *Thermiques*.

Mécaniques, car on peut s'arranger de manière à mieux répartir les efforts et, par conséquent à moins fatiguer les pièces.

Thermiques, à cause de la diminution de l'influence des parois des cylindres sur la vapeur admise qui permet de marcher économiquement à des détentes plus étendues qu'avec les machines simples et sans avoir besoin de tiroirs spéciaux.

Le système dérivé du mode de fonctionnement de Woolf, et qui est un système à expansion continue, a été appliqué pour la première fois par MM. Nicholson et Samuel, en 1850, à deux locomotives du Great-Eastern-Railway.

Cette application sous une forme particulière fut vite abandonnée et la question des machines locomotives compound tomba dans l'oubli jusqu'en 1866.

M. Jules Morandière proposa en 1866 une locomotive compound ayant trois cylindres agissant sur des groupes isolés de roues mais différant de la machine Webb, que nous décrirons plus loin, en ce qu'il y avait deux cylindres de détente et un cylindre à haute pression.

M. D. de Givré avait eu l'idée d'appliquer le principe compound aux locomotives Petiet, à quatre cylindres, de la Compagnie du Nord.

M. Mallet appliqua le principe compound à des locomotives-tenders construites au Creusot en 1876. Ces locomotives font actuellement le service du chemin de fer de Bayonne à Biarritz. Il fit ensuite des locomotives pour les chemins de fer sur route du département de la Meuse.

Les principales données de ces machines sont les suivantes :

Diamètre des cylindres : petit	0,24 *m*
— — grand	0,40 *m*
Rapport des volumes	2,78
Course des pistons	0,45 *m*
Diamètre des roues motrices	1,20 *m*
Timbre	10 *kg*
Poids total en feu	19 600 *kg*
— adhérent	15 400 *kg*

Des expériences eurent lieu en 1877 à la Compagnie d'Orléans avec une de ces machines.

M. Borodine, ingénieur des chemins de fer russes, à Kiew, fit appliquer le principe compound, suivant les indications de M. Mallet, à une locomotive à quatre roues accouplées de 1,700 *m* pesant 32 *t* en service.

Diamètre des cylindres : petit	0,42 *m*
— — grand	0,60 *m*
Rapport des volumes	2,04
Course des pistons	0,60 *m*

Ce principe fut encore appliqué, en 1879, à une machine de la ligne Kaiser-Ferdinand Nord-Bahn d'Autriche, elle fut transformée en machine ordinaire principalement à cause des difficultés de démarrage.

En 1872, William Dawes, de Leeds, avait pris un brevet spécifiant l'application du système compound aux locomotives au moyen des cylindres disposés par couples latéraux, en tandem ou en attirails séparés.

En 1872 également, la machine 210 de la Compagnie d'Orléans fut transformée en machine système Mallet. L'un des cylindres reçut une garniture qui réduisit son diamètre à 42 *cm* l'autre ayant 55 *cm*. Le rapport des volumes était 1,715. Cette machine fut remise en son état primitif à la fin de 1882. Pour obtenir une marche économique avec cette machine, il fallait s'astreindre à ne remorquer que de faibles charges; si on dépassait une certaine limite, il fallait abandonner la marche au compound et la consommation devenait excessive. Ce grave défaut était dû à ce que la machine n'ayant pas été construite spécialement pour ce mode de fonctionnement, la transformation subie avait beaucoup diminué la puissance

C'est à M. Mallet que revient l'honneur d'avoir prévu et démontré les avantages probables des machines compound et déterminé les conditions fondamentales de leur établissement. C'est également lui qui a mis en évidence, d'une façon très nette, les conditions de leur fonctionnement.

Les conclusions de M. Mallet sont au nombre de quatre :

1° Théoriquement, le travail d'une machine compound (supposée à deux cylindres) est le même que si le détendeur existait seul, la vapeur de la chaudière y étant admise directement et y subissant la détente totale.

2° Le cylindre détendeur devant toujours pouvoir débiter la vapeur qui provient du cylindre admetteur, sans occasionner dans ce dernier une contre-pression nuisible, le volume de vapeur admis au deuxième cylindre ne doit pas être inférieur au volume du premier cylindre (cette admission minima constitue ce que M. Mallet appelle le point critique).

3° Comme conséquence de la condition précédente, les distributions doivent être indépendantes, au moins d'une manière facultative, toutes les fois que le rapport du volume du grand cylindre au volume du petit est deux ou inférieur à deux afin que l'admission au grand cylindre puisse toujours avoir lieu jusque dans la deuxième moitié de la course.

4° Lorsque la pression au réservoir intermédiaire est égale à la pression finale dans le cylindre admetteur, ou n'en diffère que très peu, l'expansion totale est égale au produit des expansions partielles dans les deux cylindres et l'expansion du cylindre détendeur est égale au rapport des volumes des cylindres.

Les locomotives du système Mallet sont caractérisées par la faculté de les faire fonctionner à volonté, soit comme machine ordi-

naire, soit comme machine compound et cela dans le but de pouvoir démarrer facilement dans toutes les positions.

Cette disposition a été, du reste, appliquée à la presque totalité des machines compound qui ont été construites dans la suite.

Un tiroir spécial dit *de démarrage* permet, par sa manœuvre, de transformer instantanément le mode de fonctionnement de la machine.

Nous verrons que cette disposition se retrouve également dans la plupart des machines compound actuelles.

Mais comme dans le cas de démarrage dans ces conditions les efforts seraient dissymétriques sur l'essieu moteur, M. Mallet avait placé un appareil au-dessus de la boîte du tiroir de démarrage dans lequel fonctionne un piston à soupape différentielle qui rétrécit l'ouverture du conduit de vapeur pour le grand cylindre *(Fig. 1)*; une disposition analogue a été appliquée à la machine de la Société mécanique de Winterthur qui figure à l'Exposition de 1889 *(Fig. 32, pl. 219)*.

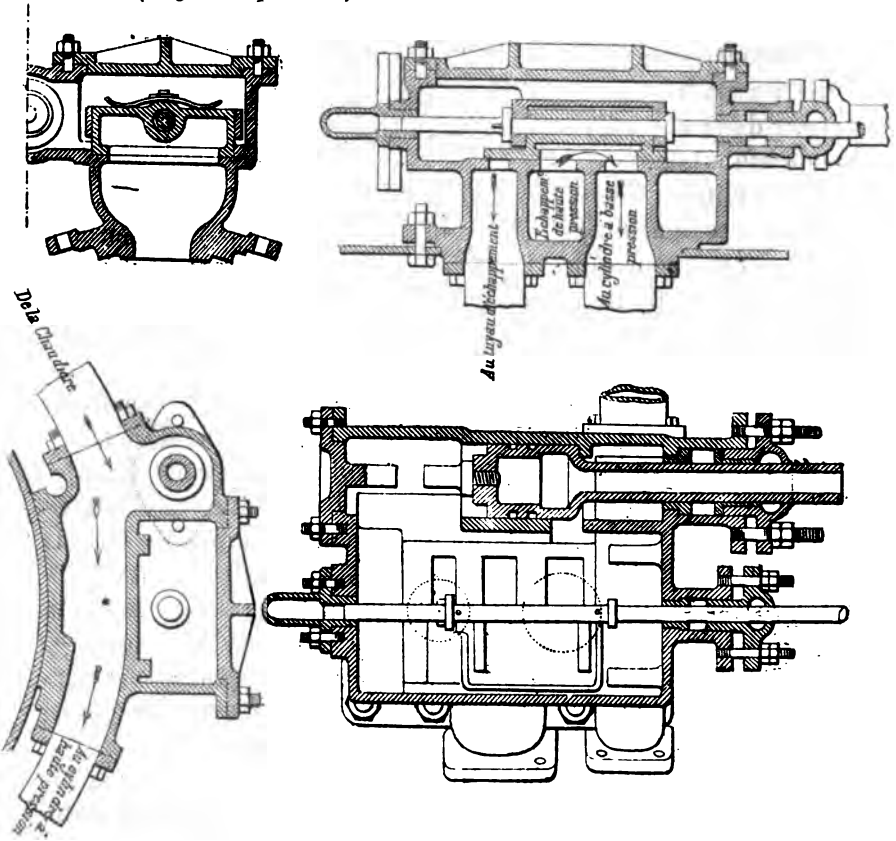


Fig. 1.

M. Mallet considère le rapport 2 comme une limite inférieure du rapport entre les deux cylindres au-dessous de laquelle il ne faut jamais descendre.

Chaque cylindre dans les machines Mallet avait un mouvement de distribution séparée, les coulisses peuvent être dépendantes avec relevage commun ou bien avoir chacune un levier de commande spécial.

C'est également ce que M. Webb a cherché à appliquer à ses machines comme on le verra plus loin ; on peut à la rigueur manœuvrer avec un seul levier, mais les résultats obtenus pour chacun des deux cylindres ne sont pas dans les rapports voulus et la double manœuvre, malgré la complication apportée, est certainement préférable.

M. de Borries, ingénieur en chef des chemins de fer de Hanovre, a également étudié, en 1880, une machine destinée à fontionner en compound, mais où la vapeur, à sa sortie du petit cylindre, passe par un réservoir intermédiaire spécial avant de se rendre au grand cylindre.

Pour arriver à effectuer le démarrage, la machine est munie d'un régulateur spécial à deux tiroirs superposés. Ce tiroir permet au démarrage que la vapeur de la chaudière s'introduise à la fois dans la boîte à tiroir du petit cylindre et dans le réservoir intermédiaire, qui met toujours en communication les deux cylindres. Le grand cylindre reçoit, par conséquent, en même temps, la vapeur du petit cylindre et la vapeur venant de la chaudière, vapeur qui s'est détendue dans le réservoir. On démarre ainsi au compound, mais non dans les conditions habituelles de marche. Une soupape de sûreté est placée sur le réservoir auxiliaire et fixe ainsi la limite supérieure de l'effort exercé par le grand piston.

M. de Borries adopta plus tard un autre clapet de démarrage, dont nous donnons ci-contre le croquis (*Fig. 2*).

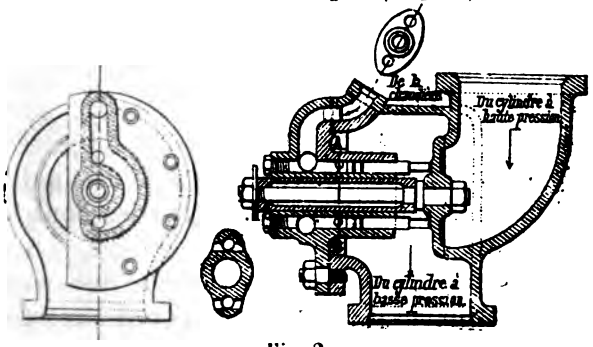


Fig. 2.

Deux petites locomotives de ce système pour trains-tramways ont été construites pour les chemins de fer de Hanovre Ces machines ont quatre roues accouplées de 1,130 *m* de diamètre, les cylindres sont extérieurs et horizontaux, le petit a 20 *cm* de diamètre et le grand 30.

Le rapport des volumes des cylindres est ainsi 2,25 ; la course est de 0,40 *m*. La pression atteint douze atmosphères. Ces machines pèsent 15 *t* en service.

Dix machines analogues pour trains-tramways furent construites en 1882 et donnèrent de bons résultats.

Plus tard, deux grandes machines du même système furent construites pour le même chemin de fer aux ateliers Heuschel, à Cassel, avec les dimensions suivantes :

Diamètres des cylindres : petit	0,46 *m*
— — grand.	0,65 *m*
Rapport des volumes.	1,997
Course des pistons.	0,63
Diamètre des six roues accouplées.	1,330 *m*
Timbre.	12 *kg*
Poids en feu.	38 600 *kg*

Ces deux dernières machines ne donnèrent pas les bons résultats des premières. Ces deux machines remorquant des trains de marchandises, à raison de deux coups d'échappement par tour de roue, ce qui suffisait à peine à entretenir le feu nécessaire à la production de vapeur.

M. de Borries emploie pour le calcul de l'effort de traction d'une machine dans laquelle il y a un petit cylindre et un grand de volume double la formule :

$$F = 0{,}55 \frac{p\, d'^2\, l}{2\,D}.$$

Dans laquelle :

d' est le diamètre du grand cylindre ;

p la pression ;

l la course du piston ;

D le diamètre des roues motrices.

Nous donnons (*Pl. 216, fig. 1, 2, 3 et 4*) le dessin de la machine compound de 1884 étudiée par M. de Borries dont les cylindres ont 420 et 600 avec 580 de course.

Toutes les machines que nous venons de passer en revue sont caractérisées par le fait d'avoir, par rapport à l'axe de la machine

de dissymétrie, sinon d'effort, tout au moins de dimension des cylindres à vapeur ; l'une des machines *Sandifort* est semblable et nous retrouverons plus loin cette disposition dans la machine *Worsdell.*

En 1883, M. Sandifort, ingénieur des chemins de fer des Indes, fit des essais de locomotives compound sur deux machines : l'une, le *Vampire*, fut transformée en machine à deux cylindres inégaux ; l'autre, le *Vulcain*, en une machine à quatre cylindres. Les bielles d'accouplement étaient conservées, l'essieu d'avant recevait à la fois le mouvement des cylindres à haute pression et des cylindres à basse pression situés à l'intérieur des longerons. Les principales données sont les suivantes :

	Vampire	Vulcain
Diamètre des roues motrices.	1,50 *m*	1,50*m*
d° des cylindres	D 0,600	0,430
d° —	*d* 0,460	0,300
$\frac{D^2}{d^2}$	1,75	2,05
Course.	0,560	0,560
Timbre.	7,40 *kg*	7,40 *kg*
Vitesse	32 *km*	32 *km*
Charge remorquée	500 *t*	520 *t*
Dépense de charbon par train kilométrique.	9,4 *kg*	9,5 *kg*

Ces machines ont donné de bons résultats.

Machine Webb.

La machine Compound-Webb, machine express du London and North Western Railway, fut construite, en 1881, aux ateliers de Crewe.

Cette machine est caractérisée par le fait d'avoir deux cylindres extérieurs à haute pression et un grand cylindre intérieur où se fait la détente.

La machine à quatre roues motrices ne présente pas de bielles d'accouplement : la première paire de roues est actionnée par le cylindre de détente, la seconde paire, à l'arrière du foyer, est actionnée par les deux cylindres extérieurs ; c'est évidemment là un des avantages les plus précieux de la machine compound, qui acquiert ainsi la qualité de la machine à roues libres au point de

vue de la grande vitesse, cela permet le passage facile dans les courbes et au besoin cette absence de bielles d'accouplement permet de marcher avec des bandages de diamètres sensiblement différents. M. Webb considère cette suppression comme un avantage considérable au point de vue mécanique, comme nous le verrons plus loin, lors de la description de ses machines.

La machine a la distribution Joy.

Cette distribution étant appliquée à un grand nombre de machines anglaises compound ou autres, nous croyons utile de la décrire ici. *(Fig. 3).*

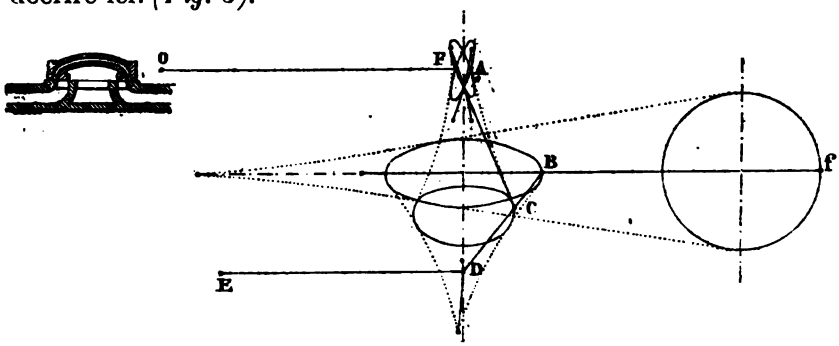


Fig. 3.

Pour le système de distribution elliptique Joy, le point F de la tige du tiroir reçoit son mouvement d'un levier AC, à coulisseau A, mobile dans une coulisse décrite avec OA comme rayon et reliée en C au levier BD, dont le point B, pris sur la bielle motrice, décrit une ellipse; le point D parcourt un arc de cercle ayant pour centre le point fixe E. Aux points morts du piston, l'articulation A coïncide toujours avec le milieu de la coulisse dont l'inclinaison de part et d'autre du plan AA′ détermine l'allure et le sens de la distribution. Le coulisseau A décrit, à chaque course, dans la coulisse qui reste fixe, un arc dont la corde est à peu près égale au petit axe de la courbe aplatie décrite par le point C.

Pendant la marche du piston de droite à gauche, on voit, d'après le croquis ci-joint, qu'aux environs du point mort, le mouvement du tiroir est commandé par le glissement du coulisseau de bas en haut, dans la partie supérieure de la coulisse, sans action appréciable au point C, le tiroir démasque très promptement l'admission ; une fois l'admission ouverte en grand, le coulisseau devient presque immobile, c'est le mouvement du point C qui actionne presque seul le tiroir et coupe vivement la vapeur au point déterminé par l'inclinaison de la coulisse. A partir de

ce moment, l'action du point C diminue, le coulisseau dépasse le centre de la coulisse et communique au point F, en glissant dans la partie inférieure de la coulisse, un mouvement de même sens que celui du point C, mais augmentant de vitesse, tandis que l'autre décroît. La composition de ces deux mouvements imprime au point F une vitesse à peu près constante jusqu'à ce que le coulisseau, arrivé près de l'autre extrémité de sa course, accélère, comme à l'origine de la course, le mouvement du tiroir et démasque rapidement la lumière d'échappement.

M. Webb, avant de construire la machine *Experiment*, que nous décrirons, avait fait, en 1878, un essai de machine compound d'après le procédé employé par M. Mallet pour la machine 210 de la Compagnie P. O., c'est-à-dire en revêtant intérieurement un des cylindres. Les bons résultats donnés par cette machine pour la traction de *trains légers* ont motivé la construction de la locomotive compound « Experiment ».

En un an, cette machine a fourni 160 000 *km* à raison de 510 *km* par jour pour le service des malles d'Écosse et d'Irlande. Elle remorquait une charge nette de 100 *t* à l'aller et 135 *t* au retour. La vitesse moyenne était de 84 *km*. La plus grande charge remorquée a été de 260 *t*, machine et tender compris.

Les mécanismes de distribution des cylindres à haute et basse pression sont indépendants.

Sur le croquis ci-contre (*fig. 4*), la distribution figurée en traits

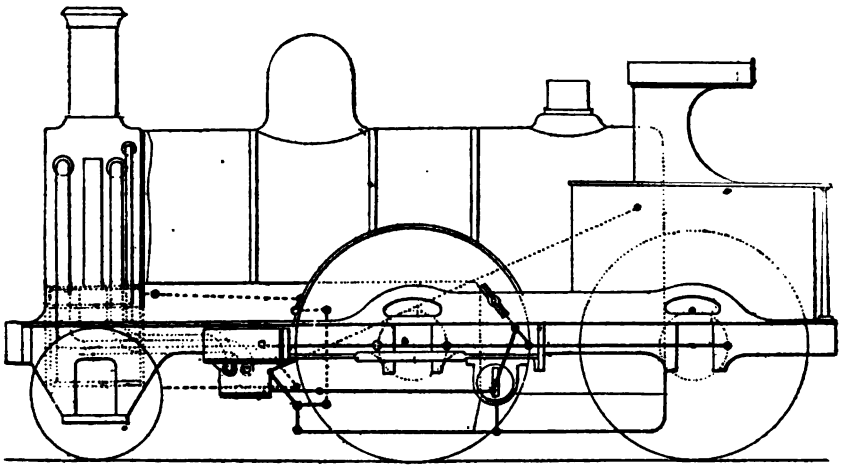


Fig. 4.

pleins est celle des cylindres à haute pression, celle figurée en traits pointillés est celle du cylindre de détente.

On voit que c'est la distribution Joy qui est appropriée à la marche en compound.

On peut disposer les choses de façon à faire manœuvrer les deux distributions à l'aide d'une seule commande, mais *les machines Webb ont conservé les deux commandes séparées (fig. 5)*.

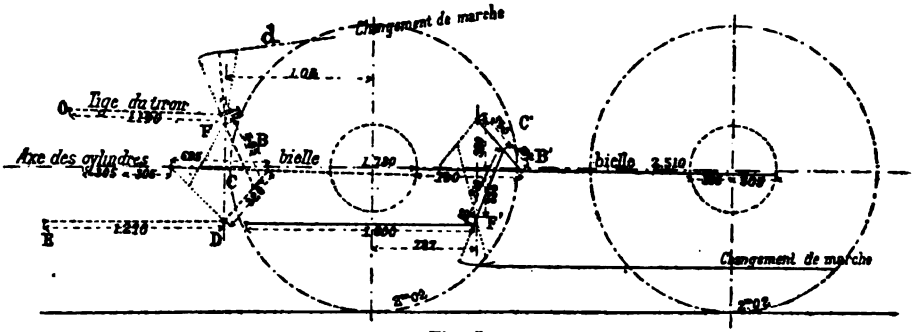


Fig. 5.

La vapeur sortant des cylindres à haute pression passe dans des tuyaux situés dans la boîte à fumée de la machine. La vapeur se sèche avant d'aller au cylindre à bonne pression.

La disposition figurée sur le croquis ci-joint *(fig. 6 et 7)* permet de marcher avec admission directe dans les trois cylindres, au démarrage, par exemple.

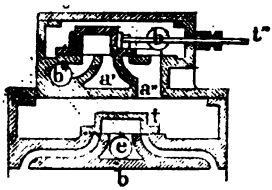


Fig. 6.

Le cylindre à basse pression H porte deux tiroirs t et t' ; dans la position indiquée en traits pointillés pour t', la vapeur d'échappement des cylindres à haute pression arrive en a', sous le tiroir t', et par a'', au cylindre h ; on marche en compound. Si on déplace, par sa tige t'', le tiroir t'

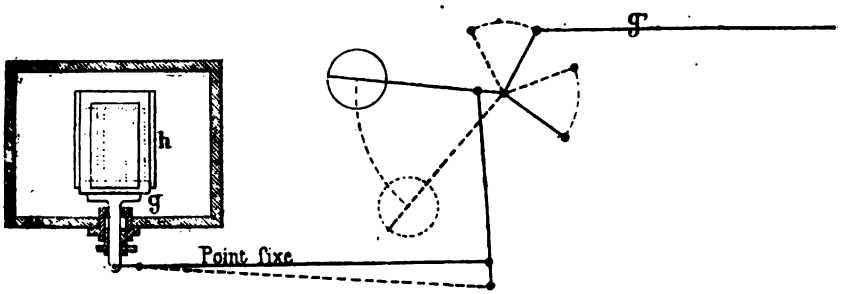


Fig. 7.

de manière à l'amener dans la position indiquée en traits pleins, la vapeur de la chaudière arrive directement, par b', a'' au cylindre

b, et la vapeur d'échappement des cylindres à haute pression se joint par *a' b'' c* à celle du gros cylindre.

Les avantages indiqués de cette machine sont :

L'économie de combustibles (la dépense moyenne a été de 7,5 *kg* par train kilométrique au lieu de 9,75 *kg* pour les machines faisant le même service) ;

La suppression de l'accouplement, une détente plus prolongée, diminution du patinage par l'action du frein du grand cylindre en cas d'échappement trop important des cylindres à haute pression, ce qui est le cas lorsque le patinage se produit ; le passage dans les courbes se fait plus facilement, *les roues n'étant plus couplées :* il n'est même pas nécessaire que les deux paires de roues motrices soient de même diamètre.

Le diamètre des cylindres à haute pression, d'abord de 292 *mm* a été porté à 330 *mm*, le cylindre à haute pression à un diamètre de 660 *mm*. Ce cylindre porte une soupape de sûreté qui limite à 3 atmosphères la pression dans ce cylindre.

Cette machine ne donne que deux coups d'échappement par tour de roue, malgré cela elle produit facilement. Le diamètre de l'échappement est de 124 *mm* (*Pl. 216, fig. 5, 6 et 7*).

En pratique, la détente se fait dans les cylindres à haute pression et le grand cylindre fonctionne à pleine admission. Les tiroirs des cylindres à haute pression sont du système Trick ou Allen.

L'essieu porteur d'avant de cette machine est muni des boîtes radiales Webb. Il est au-dessous du grand cylindre et sur la même ligne que l'axe de la cheminée.

Le dessous de la grille est entouré d'eau, comme le reste du foyer, dans le but d'éviter les fuites provenant fréquemment du cadre rigide du bas de la boîte à fumée.

Les soupapes sont du système Ramsbottom.

Le tableau suivant donne les principales dimensions de cette machine :

VÉHICULE

Diamètre moyen des roues au roulement	D	1,520 *m*
Distance de l'essieu moteur à l'essieu d'avant	»	2,210
Distance de l'essieu moteur à l'essieu d'arrière	»	2,514
Empattement total	»	4,724

Ressorts des essieux d'avant et moteur	Nombre de lames.	»	19
	Épaisseur (2 feuilles.	»	9,5 *mm*
	Épaisseur (les autres feuilles.	»	24
	Largeur des feuilles	»	101
Ressorts de l'essieu d'arrière 14 feuilles de		»	13*mm*×114

CHAUDIÈRE

Corps cylindrique	Longueur	»	3 *m*
	Diamètre moyen extérieur	»	1,520
	Épaisseur des tôles (acier)	»	10 *mm*
Boîte à feu	Longueur (extérieure	»	1m,650
	Largeur (extérieure	»	1,300
Foyer	Longueur en haut	»	1,486
	Longueur en bas	»	1,476
	Hauteur	»	1,914
	Épaisseur des plaques	»	13 à 14 *mm*
	Épaisseur de la plaque tubulaire	»	21
	Surface de la grille	G	1,59 m^2
Tubes	Nombre	»	199
	Diamètre extérieur	d'	47,6 *mm*
	Longueur	l'	3,074 *m*
	Rapport	$\frac{l'}{d'}$	64,5

Cheminée	Diamètre minimum	»	370 *mm*
	Section	»	1075 c^2
Échappement	Diamètre de la tuyère	»	120*mm*
	Section	c	113 c^2
Surface de chauffe	Foyer	f	8,76 m^2
	Tubes	t	91,55
	Totale	s	100,31

Rapports $\frac{s}{G} = 63$; $\frac{s}{f} = 11,5$;

$\frac{t}{f} = 10,4$ ..... $\frac{G}{c}$ 14,7

$\frac{G}{\text{Calorimètre}} = 7,02$.

Pression de régime 9,8 *kg* par centimètre carré.

MÉCANISME

Cylindres	Diamètre	d	457 *mm*
	Section	A	1640 c^2
	Course	l	610 *mm*
	Inclinaison 1/10	»	»
	Rapport	$\frac{d^2 l}{D}$	835,9
	Distance d'axe en axe	»	558 *mm*
Distribution	Longueur des lumières	»	279
	Largeur - admission	»	47
	Largeur - échappement	»	114
	Section des lumières d'admisson	a	131,13 c^2
	Section des lumières d'échappement	c	318
	Rapports $\frac{A}{a} = 12,5$; $\frac{c}{a} = 2,4$.		

Distribution	Course maxima du tiroir	»	101 *mm*
	Recouvrement	»	25
	Avance (somme des 2 admissions anticipées)	»	9,5
	Course du changement de marche	»	470
Diamètre de la tige du piston		»	70
Longueur de la bielle motrice b =		»	1,730
Longueur de la manivelle m =		»	305

Rapport $\frac{b}{m} = 5,3$.

Répartition	Essieux d'avant	11,3
	Essieux moteur	12
	Essieux d'arrière	10,05
	Poids total en charge	33,80 *t*

Ensuite plusieurs locomotives du système Webb ont été construites pour le London North Western Railway, la plupart à tender séparé et à deux essieux moteurs, et quelques locomotives-tenders à trois essieux, les deux postérieurs accouplés et actionnés par le cylindre à basse pression, et un essieu porteur radial à l'avant. Le réservoir intermédiaire est constitué par la boîte à vapeur du grand cylindre et les trois tubes de communication entre les trois cylindres, placés dans la boîte à fumée.

Machine de l'Ouest.

En 1883, la Compagnie de l'Ouest commanda une machine compound à la compagnie du London North Western Railway. Cette machine ne présente que quelques dispositions de détail différentes avec la machine précédemment décrite (*Pl. 217, fig. 8, 9, 10 et 11*).

Le changement de marche a été mis à droite; la distribution a été modifiée, le petite bielle attachée à la bielle motrice glissait dans un bloc articulé qui a été supprimé. La petite bielle a été rattachée au moyen d'une barre B à une contre-manivelle C formée par un prolongement du bouton de manivelle. On arrive ainsi à produire sur l'extrémité de la bielle A sensiblement le même mouvement qui est donné d'autre part au point E de la distribution du milieu par la tringle E F articulé en F.

Le fonctionnement de cette machine est le même que celui de la machine *Experiment*, et les dimensions sont très peu différentes.

Une machine semblable a été en service sur les lignes de Hanovre.

Le calcul du travail de la machine a été fait de la façon suivante :

1° *Démarrage*. — Au moment du démarrage, la vapeur agit tout d'abord sur les petits cylindres et l'effort exercé s'exprime par la formule

$$F = \frac{P\, d^2 l}{D}$$

dans laquelle P représente la pression moyenne sur le piston pendant la course, d le diamètre du petit cylindre, D le diamètre des roues motrices, l course des pistons.

L'admission maxima étant de 70 °/₀ ou $^7/_{10}$ et la tension dans

la chaudière étant de 10,5 *kg*, si on admet une chute de pression de 0 5 *kg* on aura

$$P = 7/_{10} \times 10 \left(1 \times log \frac{10}{7}\right) = 9\,44\ kg$$

$$\text{d'où } F = \frac{9{,}44 \times 33^2 \times 61}{202} = 3{,}100\ kg$$

D'autre part un train de 24 voitures (à 10 *t* chacune) pèsera . . . . . 240 *t*

Il faut ajouter. . . . . machine . . . . . 37 } 60
tender . . . . . 23 }

Ensemble . . . . 300 *t*

La résistance au démarrage a été évaluée de la manière suivante, en supposant une résistance de 6 *kg* par tonne de véhicule et de 10 *kg* par tonne de machine.

Véhicules.	$240 \times 6 =$	1 440 *kg*
Machine.	$37 \times 10 =$	370
Tender	$23 \times 6 =$	138
	Résistance totale	1 948 *kg*

Si on rapproche cette résistance du travail de 3 100 *kg* trouvé pour les cylindres, on voit que ce dernier est notablement supérieur, et que le démarrage est possible en toutes circonstances, pourvu que l'adhérence soit suffisante.

Or, pour avoir une résistance de 1 948 *kg* il suffirait, avec une adhérence au 1/6 d'une charge 11 700 *kg* sur la roue d'arrière, et l'on dispose de 13 000 *kg*. Ce dernier poids correspondrait, dans ce cas, à une adhérence à

$$\frac{1}{N} = \frac{1\ 948}{13\ 000} = \frac{1}{6\ 7}$$

En résumé, on peut dire qu'un train de 240 *t* (non compris machine et tender) sera démarré sur palier à l'aide des petits cylindres et de l'adhérence de l'essieu d'arrière.

2° *Marche normale.* — En marche normale, le mécanicien doit suivre l'aiguille du manomètre du réservoir intermédiaire, et il doit veiller à ce que la pression, dans ce réservoir, soit au-dessous de 3,5 à 4 *kg*. Il manœuvre à cet effet son volant de changement de place à vis, dont chaque tour fait varier la pression de 1/2 à 2/3 de kilogramme, en dessus ou au-dessous, suivant le sens de la rotation.

En supposant que l'admission dans le petit cylindre ait lieu à

10 *kg* et l'échappement à 3,5 *kg*, ce qui correspond à une admission de 1/3 environ, la pression moyenne P′ sur le piston sera

$$P' = \frac{1}{10}\,10\,(1 + \log._n 3) = 6{,}95$$

et l'effort devient :

$$F' = \frac{6{,}95 \times \overline{33^2} \times 61}{202} = 2\,290\ kg.$$

Dans le grand cylindre, l'admission aura lieu pendant 75 0/0, soit pendant 3/4 de la course et la pression moyenne P″ sera :

$$P'' = 3{,}5 \times 3/4\left(1 + \log._n \frac{4}{3}\right) = 3{,}30\ kg.$$

et l'effort devient :

$$F'' = \frac{3{,}30 \times \overline{66^2} \times 61}{2 \times 202} = 2\,170\ kg.$$

L'effort total développé par l'ensemble des cylindres sera :

$$F = 2\,290 + 2\,170 = 4\,460\ kg.$$

Pour avoir le poids du train correspondant, remorqué à 60 *km* à l'heure sur une rampe de 0,005 *m*, il faut déduire la résistance de la machine et du tender, que l'on a évaluée comme suit :

Résistance au roulement (machine et tender)

$$60 \times 15 = 900\ kg.$$

Résistances passives de la machine, en vitesse :

$$37 \times 20 = 740\ kg.$$

Ensemble. . . . . 1 640 *kg*.

Il reste disponible 4 460 — 1 640 = 2 820 *kg*,

soit $\frac{2\,820}{15} = 190\ t.$

c'est-à-dire 19 véhicules à 10 *t*.

Machine Dreadnough.

M. Webb a mis en service, à la fin de 1884, une locomotive compound de grandes dimensions appelée « Dreadnough ».

Le fonctionnement et l'aspect extérieur de la machine restent les mêmes. Le diamètre des cylindres a été augmenté et porté à 0,356 *m* pour ceux à haute pression et 0,760 *m* pour le grand.

Le rapport entre la somme des volumes des deux petits et du grand est 2, 3.

Le diamètre des roues motrices a été diminué, il est de 1,900 *m*, le grand cylindre a été porté en avant de cet essieu.

La roue motrice d'arrière est à 2,945 *m* de la roue du milieu.

L'empattement de la machine est de 5,51 *m* (*Pl. 217, fig. 12, 13 et 14*).

Cette machine ne présente que deux détails nouveaux :

1° La boite à feu, en cuivre, a reçu vers le milieu un pli qui en fait le tour ; ce pli est destiné à faciliter la dilatation.

2° Le changement de marche unique permet de commander ensemble ou *isolément les deux distributions à la volonté du mécanicien*.

Il comporte une seule vis agissant vers le milieu d'un balancier B, aux extrémités duquel chacune des tringles C et D commandant l'un des arbres de relevage se trouve attachée. A chaque extrémité du balancier se trouve aussi fixée une réglette E en métal (*fig. 8*).

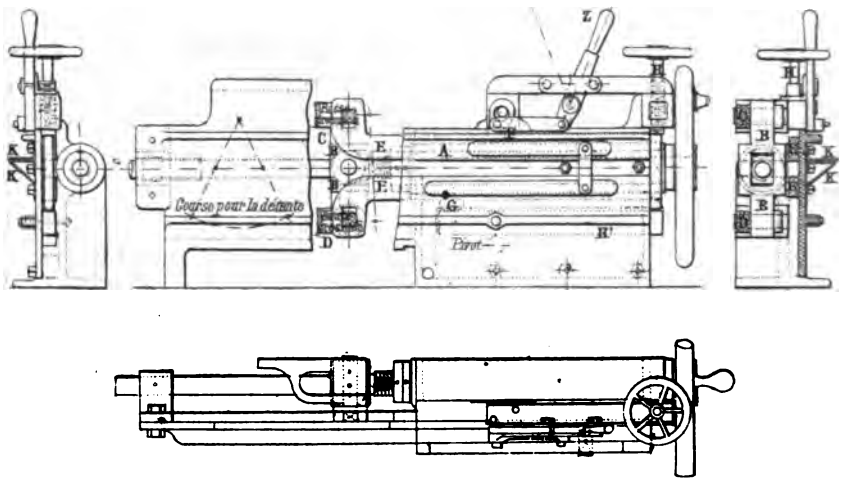


Fig. 8.

Celle du haut porte des entailles sur le plat et peut être fixee à volonté au moyen d'une pièce de fer à entrailles F manœuvrée à l'aide d'un excentrique et d'une poignée Z.

La réglette du bas peut être serrée au moyen d'une vis, laquelle fait pression par l'intermédiaire d'un fléau H' agissant sur une pièce mobile G. Lorsqu'une des tringles est arrêtée, l'autre se meut seule, ce qui permet d'obtenir toutes les combinaisons de détente voulue. En laissant libres les deux réglettes, on change les deux marches en même temps. Deux index mobiles K, K, sur une règle graduée, indiquent les positions de chacune des réglettes.

Cette machine pèse 44 *t*, dont 30 *t* comme poids adhérent.

Le tableau ci-après donne les principales dimensions de cette locomotive.

Tableau des principales conditions d'établissement machine Webb (Dreadnough).

Grille.

Longueur	1.88 *m*
Largeur	0,98
Surface	1,85 *m²*

Foyer.

Hauteur du ciel au-dessus du foyer	2,20 *m*
Hauteur du ciel au-dessous de la grille	1,70

Tubes.

Nombre de tubes	225
Diamètre extérieur	0,0476 *m*
Longueur entre les plaques tubulaires	3,43

Surface de chauffe.

Foyer (partie au-dessus de la grille)	11,15 *m²*
Tubes (à l'extérieur)	115,35
Total	126,50 *m²*

Chaudière.

Longueur de la boîte à feu (extérieur)	2,08 *m*
Largeur (en bas)	1,18
Diamètre intérieur de la grande virole du corps cylindrique	1,296
Épaisseur des tôles du corps cylindrique	0,127
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière	2,27
Timbre de la chaudière	12,5 *kg*
Diamètre intérieur de la cheminée (en bas)	0,406 *m*

Roues.

Diamètre du contact avec bandages de 0,076 *m*	Avant.	1,14 *m*
	Milieu.	1,90

Fusées des essieux.	Avant.	Diamètre.	0,152 *m*
		Longueur	0,254
	Milieu et arrᵉ.	Diamètre.	0,178
		Longueur	0,343
Écartement des essieux.	Avant et 2ᵉ essieu		2,570
	2ᵉ et arrière		2,950
	Extrêmes		5,520

Mouvement.

Diamètre des cylindres	haute pression	0.356 *m*
	moyenne pression	0,762
Course des pistons		0,610
D'axe en axe des cylindres à haute pression		1,956
D'axe en axe des tiges des tiroirs et des coulisses de la distribution Joy		1,956

Distribution.

	Petit cylindre	Grand cylindre
Course maxima des tiroirs	89ᵐ/ᵐ	115ᵐ/ᵐ
Recouvrement intérᵉ	1.5	1.5
— extérᵉ	22	25
Lumière d'admission	45×254	51×458
— d'échappemᵗ	70×254	121×458
Diamètre de la tuyère d'échappement	0,118 *m*	

Poids.

Machine vide	env.	40 300 *l*
Machine en pression	Avant	14 000 *l*
	Milieu	15 000
	Arrière	15 000
	Total	44 000 *l*

Machine Worsdell.

En 1885, la Compagnie du chemin de fer du Great-Eastern Railway mettait en service une locomotive compound construite à Stratford, sous la direction de M. Worsdell, Ingénieur en chef du matériel et de la traction.

C'est une machine à deux cylindres intérieurs dont l'un a 456 *mm* de diamètre et l'autre 664. La course commune des deux est de 610 *mm* (*Pl. 217, fig. 15*).

La distribution est du système Joy. Un seul appareil de changement de marche commande les deux tiroirs qui sont identiques. Les lumières d'introduction sont plus grandes pour le cylindre à basse pression que pour le cylindre à haute pression.

La vapeur s'échappant du cylindre à haute pression passe dans un gros tube BB′ qui fait le tour de la boîte à fumée. La vapeur se sèche et ce tube sert en même temps de réservoir intermédiaire.

Les démarrages peuvent se faire en admettant directement la vapeur de la chaudière dans les deux cylindres.

Pour cela, le tuyau qui sert de capacité intermédiaire BB′ est relié à la chaudière par un tuyau spécial de prise de vapeur E (*fig. 9*). Celui-ci est muni d'un robinet F qu'il suffit d'ouvrir pour

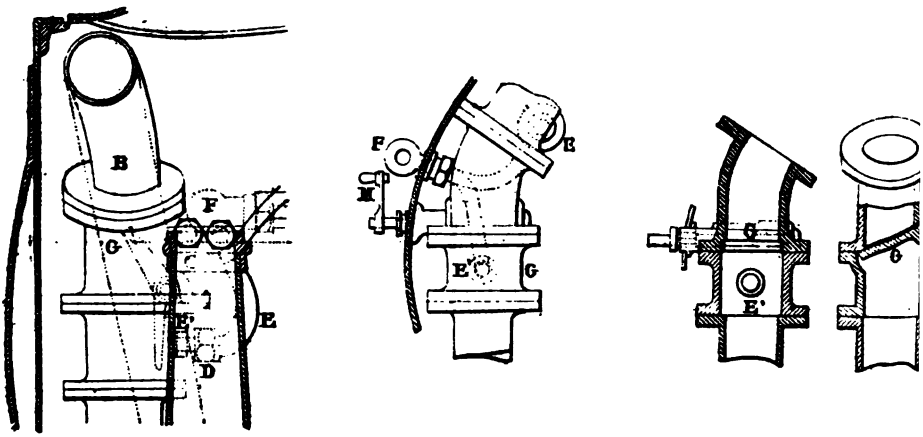


Fig. 9.

envoyer directement de la vapeur dans la boîte à vapeur du grand cylindre. Comme dans certaines positions de la machine, cette vapeur pourrait, en rétrogradant dans l'échappement du petit cylindre, agir en sens contraire de la marche, une valve

interceptrice G est montée sur le tuyau BB' de communication; le machiniste la ferme de la plate-forme à l'aide d'une tringle avant d'ouvrir le robinet F. La valve retombe toute seule dès le premier coup d'échappement du petit cylindre.

Le grand cylindre est muni de deux soupapes réglées à 5,600 *kg*. La pression de la chaudière est de 11,2 *kg*.

Cette machine est munie d'un bogie à l'avant, bogie motivé par les dimensions du grand cylindre, qui ne permettrait pas de placer d'essieu radial.

Les principales dimensions de cette machine sont contenues dans le tableau suivant :

Tableau des principales dimensions de la Locomotive express Compound de M. Worsdell, pour le chemin de fer du " Great Eastern ".

Grille.

Longueur	1,620 *m*
Largeur	0,99
Surface	1,61 m^2

Foyer.

Longueur extérieure	1,83 *m*
Largeur	1,20
Hauteur du cadre, au ciel du foyer	1,89

Tubes.

Nombre	201
Diamètre extérieur	44,4 *mm*
Épaisseur moyenne	0,0023 *m*
Longueur	3,59

Surface de chauffe.

Foyer	10,80 m^2
Tubes (à l'extérieur)	100,20
Totale	111, » m^2

Chaudière.

Diamètre extérieur du corps cylindrique	1,270 *m*
Épaisseur des tôles (acier)	11 *mm*
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,29 *m*
Volume d'eau	»
Volume de vapeur	»
Capacité totale de la chaudière	»
Timbre	11,25 *k*

Roues.

Diamètre des roues accouplées	2,134 *m*
Diamètre des roues du bogie	0,94
Écartement des roues du bogie	1,90
Écartement des roues accouplées	2,67
Entraxe total extrême	6,90

Cylindres.

Diamètre du cylindre à haute pression	0,456 *m*
Diamètre du cylindre à basse pression	0,664
Course des pistons	0,610

Échappement.

Diamètre de la tuyère	0,145 *m*
Section de la tuyère	165 cm^2

Poids.

Poids de la machine à vide			41,100 *t*
Répartition en charge :			
1er essieu du bogie		7,400 *t*	14,800
2e	—	7,400	
3e	— moteur	14,800	29,700
4e	— accouplé	14,900	
Total		44,500 *t*	

Tender.

Diamètre des roues			1,22 *m*
Entraxe	1 à 2	1,98 *m*	3,65 *m*
	2 à 3	1,67	
Total		3,65 *m*	
Capacité en eau			12,500 *t*
— en combustible			3,600
Poids à vide			16,300
Répartition en charge :			
1er essieu AV.		9,650 *t*	32,500 *t*
2e essieu		11,200	
3e essieu AR.		11,650	
Total		32,500 *t*	

M. Worsdell a appliqué au North Eastern Railway le principe compound à des machines à marchandises à six roues couplées.

Cette machine présente les caractères généraux de la machine précédente, mais la manœuvre pour démarrage a été légèremen simplifiée (*fig. 10*).

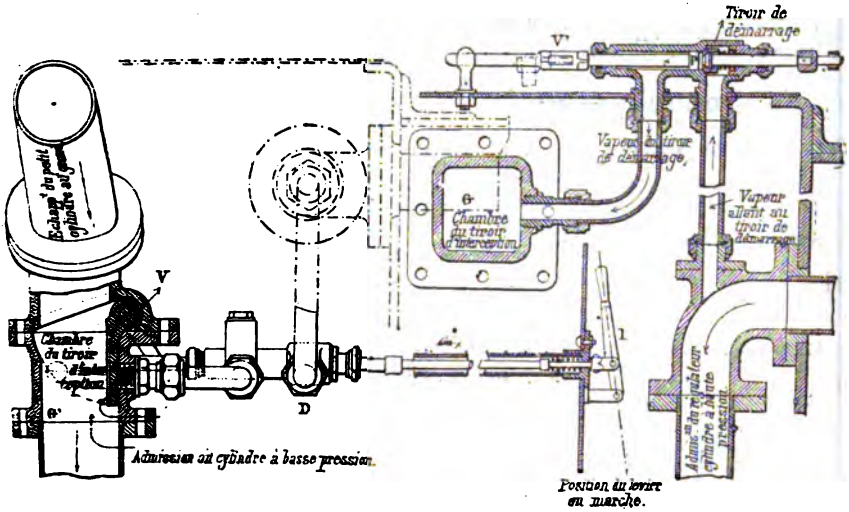


Fig. 10.

Lorsque le mécanicien tire le levier de démarrage *l*, il ouvre la soupape D et admet ainsi la vapeur de la chaudière P sur le petit piston de démarrage qui, reculant vers la gauche, admet la vapeur directement au tiroir du grand cylindre par G, en même temps qu'il ferme par V′ la valve intermédiaire V. Cette fermeture empêche la vapeur qui s'échappe du petit cylindre de pénétrer dans le grand cylindre par son chemin habituel G′, à contretemps de la vapeur à haute pression admise au grand cylindre par G pour le démarrage seulement. Il suffit de repousser le levier *l* pour que l'échappement du petit cylindre ouvre automatiquement la valve intermédiaire V et ramène le piston P dans la position de la marche en compound.

Les deux tableaux ci-après donnent les dimensions de cette machine.

Cylindres	Petit cylindre	Grand cylindre
Diamètre	$d = 460\ mm$	$d' = 660\ mm$
Course	$l = 610$	$l' = 610$
Sections	$A = 1{,}660\ c^2$	$A' = 3{,}450\ c^2$
Volumes	$V = 0{,}101\ m^3$	$V' = 0{,}226\ m^3$
D'axe en axe des cylindres	610 *mm*	610 *mm*
Distribution Joy		
Longueur des lumières	300 *mm*	430 *mm*
Largeur des lumières d'admission	45	50
Largeur des lumières d'échappement	90	90
Section des lumières d'admission	$a = 135\ c^2$	$a' = 215\ c^2$
Section des lumières d'échappement	$e = 270$	$e' = 387$
Rapports $\frac{e}{a}$	$= 2$	$\frac{e'}{a'} = 1{,}8$
Rapports $\frac{A}{a}$	$= 1{,}23$	$\frac{A'}{a'} = 1{,}60$
Rapports $\frac{A}{e}$	$= 0{,}62$	$\frac{A'}{e'} = 0{,}9$
Course maxima des tiroirs	140 *mm*	140 *mm*
Avance linéaire	5	10
Recouvrement extérieur	30	25

Écartement des essieux d'avant et moteur		2m,45
Écartement des essieux d'arrière et moteur		2,60
Empattement total		5,05
Roues en acier fondu	Diamètre au roulement	D=1,60
	Épaisseur des bandages	75 mm
	Largeur des bandages	140
Essieux en acier — moteur	Diamètre à la portée de calage	215
	Diamètre au milieu	170
	Portées des boîtes à graisse :	
	Longueur	230
	Diamètre	180
	Portées des bielles motrices :	
	Longueur	115
	Diamètre	185
Essieux en acier — accouplés	Diamètre à la portée de calage	215
	Diamètre au milieu	170
	Portées des fusées :	
	Longueur	230
	Diamètre	180
	D'axe en axe des portées	1,170 m
Bielles d'accouplement	Rayon de la manivelle	280 mm
	Longueur des boulons de manivelles	103
	Diamètre aux roues motrices	95
	Diamètre aux roues accouplées	90
Longerons en acier	Écartement	1,22 m
	Épaisseur	25 mm
	Longueur totale	7,700 m
Chaudière en acier	Hauteur au-dessus du rail	2,30 m
	Longueur du corps cylindrique	3,225
	Diamètre extérieur	1,300
	Épaisseur des tôles	13 mm
	Épaisseur de la plaque tubulaire de la boîte à fumée	20
	Écartement des rivets	47
	Diamètre des rivets	20
Boîte à feu	Longueur à l'extérieur	1,830 m
	Largeur au bas	1,195
	Épaisseur des tôles latérales et du ciel	13 mm
	Épaisseur d'arrière	13
	Épaisseur d'avant	16
	Écartement des entretoises	100
	Diamètre des entretoises	25
Foyer en cuivre	Longueur intérieure au fond	1,750 m
	Largeur	990 mm
	Hauteur	1,760 m
Tubes (laiton)	Nombre	203
	Longueur	3,340 m
	Diamètre extérieur	45 mm
Surface de chauffe	Tubes t	95mq40
	Foyer f	10,20
	Totale $s = f + t$	105,60

Surface de grille $G = 1,60\ mq.$

Module de chauffe $\frac{V'}{25} = 973.$

Rapports $\frac{S}{G} = 66,2;\ \frac{f}{G} = 10,7;\ \frac{t}{f} = 9,4.$

Timbre $P = 11,20\ kg.$

Module de traction $\frac{d'^2\ l}{2\ D} = 825\ kg.$

Effort de traction $0,65P\ \frac{d'^2\ l}{2\ D} = 6.025\ k.$

Répartition du poids :		A vide	En charge
Roues.	d'avant	11 t	14t 150
	du milieu, motrices	15	15,500
	d'arrière	13,300	12,150
		39,300	41,800

M. Worsdell a également construit des machines à voyageurs sur le North Eastern ; elles sont semblables aux machines dont le type est décrit précédemment et que M. Worsdell avait fait construire pour le Great Eastern.

Expériences de M. Borodine.

Le 6 août 1886, M. Borodine, Ingénieur de la Compagnie des chemins de fer du Sud-Ouest de Russie, présenta à la Société des Ingénieurs civils un rapport détaillé sur les locomotives compound (1).

Ce rapport donnait le résultat d'essais faits sur des machines ordinaires ou compound, à l'atelier ou en marche, d'après les méthodes de M. Hirn. Les machines essayées, dont l'une simple à cylindres de 0,420 de diamètre et de 0,600 de course, l'autre compound de cylindres de 0,420 et de 0,600 de diamètre et 0,600 de course.

A l'atelier, les roues motrices de la locomotive transformées en poulies-volants actionnaient l'arbre de transmission de l'atelier, en faisant 92 à 102 tours par minute, correspondant à une vitesse de marche de 28 à 31 *km* à l'heure.

On marchait pendant toute la durée des expériences (2 heures à 3 heures et demie) autant que possible avec les mêmes détente, vitesse, pression, c'est-à-dire en faisant produire à la locomotive un travail à peu près constant, tout en tenant compte des irrégularités inévitables de la pression et de la vitesse.

Des dispositions spéciales avaient été prises pour condenser et peser la vapeur d'échappement et en déterminer la chaleur.

Des résultats de ces essais et des expériences faites sur des trains en marche, M. Borodine tire les conclusions suivantes :

« La comparaison des dépenses de vapeur par cheval évaluées » par des moyens tout à fait différents à l'atelier d'essai et avec les » trains d'expériences démontre que cette dépense augmente » dans tous les essais régulièrement, à mesure que la pression » de la chaudière baisse.

» On constate avec la machine compound une diminution ré- » gulière de la dépense de vapeur à mesure que la détente aug- » mente de 2,7 à 6,7, fait qui ne se produisait pas avec la

(1) Nous rappellerons à cett occasion que M. Borodine a obtenu l'année dernière la médaille d'or de la Société des Ingénieurs civils.

» locomotive ordinaire. Cette différence s'explique parce que la » condensation de la vapeur pendant l'admission diminue avec » la machine compound, de sorte que son influence s'y fait moins » sentir aux grandes détentes qu'avec les machines simples.

» A détente totale égale, la consommation minimum de vapeur » fut obtenue avec une admission de 38 0/0 au grand cylindre, le » rapport des volumes du cylindre étant de $\frac{1}{2,04}$.

» Il faudrait donc, pour marcher dans les conditions les plus » favorables, *disposer la distribution de manière à donner au grand » cylindre une admission constante, indépendante de la position du levier » du petit cylindre, et dépendant seulement du rapport des volumes des » cylindres.*

» En ce qui concerne les enveloppes de vapeur, l'emploi de » l'enveloppe sur une machine simple avec des admissions de » 0,20 à 0,30 de la course, constitue une économie considérable » de vapeur de 13 à 16 0/0 aux essais de l'atelier. Cette économie » ne s'est plus manifestée avec les trains d'essai où elle n'était » plus sensible que pour les machines simples marchant au pre- » mier cran, mais il faut attribuer ce mauvais fonctionnement des » enveloppes à la perte de la vapeur dépensée à échauffer leurs » parois à chaque ouverture du régulateur et surtout au drainage » défectueux des enveloppes qui les transformait en condenseur. » Il faut donc chercher à améliorer la purge des enveloppes de » vapeur. »

Pour la marche en compound on a trouvé une économie de vapeur et de combustible de 14 à 20 0/0 en service ordinaire, mais *qui varie considérablement avec les conditions de marche de la locomotive.*

L'augmentation de la vaporisation par kilogramme de combustible, constatée aux essais avec la locomotive compound, provient de certaines particularités de la chaudière et de conduite ainsi que de légères erreurs dans la mesure de la dépense en combustible, mais il est certain que la marche en compound, en dépensant moins de vapeur à travail égal, s'accommode d'un échappement plus doux, exige moins souvent un serrage nuisible de l'échappement et permet, par conséquent, de mieux utiliser le combustible.

En outre, l'économie de vapeur du système compound permet *dans certaines conditions* de remorquer des trains plus lourds, pourvu que l'adhérence et la puissance de traction ne fassent pas défaut.

M. Borodine conclut de la manière suivante :

« Considérant que la locomotive compound expérimentée ne » présente aucune complication, ne coûte pas plus cher et que » l'abaissement de la consommation de combustible diminue la » dépense afférente à l'entretien et à l'alimentation des chaudières, » on peut affirmer que l'emploi des machines compound est ex- » ceptionnellement avantageux. »

A la suite des expériences précitées, les chemins de fer du sud-ouest de la Russie ont décidé la généralisation du système compound sur leurs locomotives.

Les expériences de M. Borodine ont montré l'inutilité des enveloppes de vapeur pour les cylindres de la machine compound. Cela tient, non pas au principe même de l'enveloppe de vapeur, mais à ce que la vapeur, arrivant au grand cylindre, a été surchauffée dans sa course à travers les tubes réchauffeurs intermédiaires situés dans la boîte à fumée.

Locomotive compound du Nord.

La Compagnie du Nord a mis en service sur son réseau une locomotive compound à grande vitesse, étudiée par M. A. de Glehn, Ingénieur de la Société alsacienne de Constructions mécaniques, et construite dans ces ateliers. *(Pl. 218, fig. 16, 17, 18, 19 et 20).*

Cette machine est à quatre cylindres et figure à l'Exposition de 1889.

Le mécanisme intérieur comprend deux cylindres à haute pression, actionnant l'essieu coudé d'avant. Les tiroirs sont commandés par une coulisse de Stephenson.

L'accouplement est supprimé et les deux cylindres à basse pression placés à l'extérieur des longerons au milieu de l'intervalle entre l'essieu porteur d'avant et le premier essieu moteur. Ces cylindres actionnent les roues motrices d'arrière. Les tiroirs sont en dessous commandés par une distribution du système Walschaerts.

Les distributions sont liées, avec faculté de faire varier l'une indépendamment de l'autre, disposition qui est réalisée de la manière suivante. La vis du changement de marche commande à la manière ordinaire l'arbre de relevage du mécanisme extérieur à basse pression. Sur le côté de la tête extérieure du levier de ce changement de marche, se trouve fixé un secteur denté A, qui

entraîne un autre levier commandant la barre de relevage du mécanisme intérieur à haute pression. Ce second levier articulé en *a*, comme le premier, porte un verrou qui s'engage à volonté dans la denture du secteur surmonté d'une réglette fixe divisée. On peut ainsi opérer le changement de marche en même temps pour les deux distributions par la seule manœuvre du volant, et, dans ce cas, si l'on est parti du cran 0 pour chacune d'elles, on obtient des admissions moyennes sensiblement égales dans les deux groupes de cylindres ; on peut, par contre, les rendre différentes et faire toutes les combinaisons commandées par les diverses circonstances de la marche.

Cette disposition est celle qui a été employée par M. Mallet pour les machines construites, en deuxième ligne, pour le chemin de fer Bayonne-Biarritz.

La machine est munie d'un robinet qui permet d'envoyer directement la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire pour faciliter le démarrage et chauffer les cylindres.

Ce réservoir intermédiaire est constitué par les chambres à vapeur des deux grands cylindres, de deux petites boîtes placées sur les petits cylindres et d'un tuyau arqué placé dans la boîte à fumée et qui unit les deux boîtes susdites. Ce réservoir est muni d'une soupape de réglage pour y limiter la pression à 5,7 *kg* par centimètre carré.

Le tableau ci-après donne les conditions d'établissement de cette machine :

LOCOMOTIVE COMPOUND N° 701

Conditions principales d'établissement

CHAUDIÈRE

Grille	Longueur horizontale	2m,270
	Largeur	1,000
	Surface	2m2,27
Foyer	Longueur intérieure en haut	2m,1935
	Largeur intérieure en haut	1,053
	Largeur intérieure en bas	1,000
	Hauteur du ciel au-dessus du cadre à l'AR.	1,010
	Hauteur du ciel au-dessus du cadre à l'AV.	1,580
	Hauteur du foyer à l'axe de la chaudière	0,200
Boîte à feu extérieure	Longueur	2,470
	Largeur en haut	1,280
	Largeur en bas	1,200
Corps cylindrique	Diamètre intérieur moyen	1,2365
	Épaisseur des tôles	0,0145
	Hauteur de l'axe au-dessus des rails	2,150
Tubes	Nombre	204
	Diamètre extérieur	0m,045
	Longueur entre les plaques tubulaires	3,560
Surface de chauffe	du foyer	9m2,50
	des tubes à l'intérieur	93m2,53
	totale	103m2,03
Rapport	Surface des tubes à celle du foyer	9,8
	Surface de chauffe à celle de la grille	45,3
Timbre de la pression en kilog		11kg
Pression maxima ou réservoir intermédiaire		5kg,7
Soupapes	Diamètre	0m,100
	Longueur du grand levier	0,935
	Longueur du petit levier	0,085
	Rapport	1:11
Cheminée	(Adam's) diamètre	0m,070
	Diamètre en haut	0,480
	Diamètre en bas	0,390
	Hauteur au-dessus des rails	4,165
Rapport de la surface de grille à la section de la cheminée		15,2
Boîte à fumée	Diamètre intérieur	1m,410
	Longueur intérieure	0,775
Capacité de la chaudière	Eau 10cm au-dessus du ciel du foyer	3m3,090
	Vapeur	3m3,569
	Totale	2m3,650

CHASSIS ET ROUES

Longueur totale du châssis, tampons compris			8m,935
Longueur totale du longeron			8,190
Écartement intérieur des longerons			1,240
Hauteur des longerons au-dessus des rails			1,400
Hauteur du dessus du longeron à l'axe de la chaudière			0,750
Longueur de la traverse d'avant			2,510
Hauteur des tampons d'avant au-dessus des rails			0,980
Diamètre des roues au contact	1er		1,300
	2e		2,100
	3e		2,100
Écartement des essieux	1er au 2e		3,000
	2e au 3e		2,500
Écartement des essieux extrêmes			5,500
Diamètre des essieux au corps	1er		0,170
	2e		0,190
	3e		0,180
D'axe en axe des fusées	1er		1,170
	2e		1,170
	3e		1,170
Fusées des essieux 1er		Diamètre	0,175
		Longueur	0,240
Fusées des essieux 2e		Diamètre	0,185
		Longueur	0,240
Fusées des essieux 3e		Diamètre	0,185
		Longueur	0,240
			Intér / Extér
Tourillons des manivelles motrices		Diamètre	0,190 / 0,095
		Longueur	0,090 / 0,100

MÉCANISME

			HAUTE pression	BASSE pression
Cylindres	Écartement d'axe en axe		0m,620	1m,900
	Diamètre		0m,330	0m,460
	Course des pistons		0m,610	0m,610
	Inclinaison sur l'horizontale		0	0
	Section du tuyau de prise de vapeur		4417mm2	17671mm2
	Section du tuyau d'échappement		17671mm2	20000mm2
Bielles motrices	Longueur d'axe en axe		1m,820	2m,500
	Tourillons des petites têtes	Longueur	0,070	0,070
		Diamètre	0,060	0,060
Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle			5,9	8
Inclinaison des tiroirs sur l'axe des cylindres			0	0
Excentriques	Angle d'avance		24°	0
	Rayon d'excentricité		0m,050	0m,100
	Longueur des barres		1,665	1,560
Course des tiroirs			0,096	0,090
Longueur des lumières (admission, échappement)			0,230	0,330
Recouvrement total des tiroirs	Largeur des lumières	Admission	0,030	0,040
		Échappement	0,060	0,080
	Extérieur		0,042	0,054
	Intérieur		0,008	0
Effort de traction maximum théorique			5170kg	
Effort de traction coefficient de 0,65			3360	
Poids de la machine	Vide		34t,800	
	En charge		37t,800	
Répartition du poids par essieu en charge	1er essieu		10t,200	
	2e essieu		13t,650	
	3e essieu		13t,950	
Poids utile pour l'adhérence			27t,600	
Rapport du poids adhérent à l'effort de traction pratique			8	

LOCOMOTIVE COMPOUND N° 3101

Conditions principales d'établissement. **Tableau A.**

CHAUDIÈRE

Grille	Longueur horizontale	2,174
	Largeur	0,962
	Surface	2m²,091
Foyer	Largeur intérieure en haut	2,130
	Largeur intérieure en haut	1,046
	Largeur intérieure en bas	0,962
	Hauteur au-dessous du cadre du ciel	1,530
	Hauteur à l'axe de la chaudière du foyer	0,200
Boîte à feu extérieure	Longueur	2,400
	Largeur en haut	1,432
	Largeur en bas	1,176
Corps cylindrique	Diamètre intérieur moyen	1,346
	Épaisseur des tôles	0,018
	Hauteur de l'axe au-dessus des rails	2,225
Tubes	Nombre	208
	Diamètre extérieur	0,045
	Longueur entre les plaques tubulaires	4,000
Surface de chauffe	du foyer	9m²,30
	des tubes à l'intérieur	104m²,50
	totale	113m²,80
Rapport	Surface des tubes à celle du foyer	11,2
	Surface de chauffe à celle de la grille	54.4
Timbre de la pression en kilogrammes		14kg
Soupapes Adam's. — Diamètre		0,054
Cheminée	Diamètre intérieur en bas	0,420
	Diamètre intérieur en haut	0,480
	Hauteur au-dessus des rails	4,175
Rapport de la surface de grille à la section de la cheminée		13
Boîte à fumée	Diamètre intérieur	1,400
	Longueur intérieure	0,830
Capacité de la chaudière	Eau, 10 cent. au-dessus du ciel du foyer	4m³,430
	Vapeur	2m³,190
	Totale	6m³,620

CHASSIS ET ROUES

Longueur totale du châssis, tampons compris		10,400
Longueur totale du longeron		9,398
Écartement intérieur des longerons		1,220
Hauteur des longerons au-dessus des rails		1,400
Hauteur du dessus du longeron à l'axe de la chaudière		0,825
Longueur de la traverse d'avant		2,780
Hauteur des tampons d'avant au-dessus des rails		0,980
Diamètre des roues au contact	1er	1,010
	2e, 3e et 4e	1,650
Écartement des essieux	1er au 2e	2,530
	2e au 3e	2,100
	3e au 4e	2,000
Écartement des essieux extrêmes		6,630
Diamètre des essieux au corps	1er	0,150
	2e et 4e	0,160
	3e	0,200
D'axe en axe des fusées	1er	1,100
	2e et 4e	1,100
	3e	1,100
Fusées des essieux. 1er	Diamètre	0,150
	Longueur	0,250
Fusées des essieux. 2e et 4e	Diamètre	0,170
	Longueur	0,250
Fusées des essieux. 3e	Diamètre	0,200
	Longueur	0,250
Tourillons des manivelles motrices extérieures	Diamètre	0,115
	Longueur	0,140
Bielles d'accouplement 2e	Diamètre	0,095
	Longueur	0,086
Bielles d'accouplement 3e	Diamètre	0,150
	Longueur	0,100
Bielles d'accouplement 4e	Diamètre	0,090
	Longueur	0,120
Rayon des manivelles d'accouplement		0,350
Tourillon de la manivelle motrice intérieure	Diamètre	0,200
	Longueur	0,120

MÉCANISME

		Haute pression	Basse pression
Cylindres	Écartement d'axe en axe	»	2,100
	Diamètre	0,460	0,500
	Course des pistons	0,700	0,700
	Inclinaison sur l'horizontale	1/10	0
	Section du tuyau de prise de vapeur	9503mm²	9503mm²
	Section du tuyau d'échappement	9503mm²	17671mm²
Bielles motrices	Longueur d'axe en axe	2,120	2,120
	Tourillons des petites têtes Longueur	0,078	0,090
	Tourillons des petites têtes Diamètre	0,075	0,095
Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle		6	6
Inclinaison des tiroirs sur l'axe des cylindres		0	0
Excentriques	Angle d'avance Tiroir	49°	0
	Angle d'avance Taquet	118°	0
	Rayon d'excentricité	0,040	0,0935
	Longueur des barres Tiroir	1,1675	1,090
	Longueur des barres Taquet	1,005	»
Course des tiroirs			
Longueur des lumières (admission, échappem't)			0,340
Largeur des lumières	Admission		0,045
	Échappement		0,070
Recouvrement total des tiroirs	Extérieur		0,054
	Intérieur		0,002
Poids de la machine	Vide	43t,650	
	En charge	47t,400	
Répartition du poids par essieu, en charge	1er essieu	6t,800	
	2e essieu	13t,400	
	3e essieu	14t,000	
	4e essieu	13t,200	
Poids utile pour l'adhérence		40t,600	
Rapport du poids adhérent à l'effort de traction pratique			

RESSORTS DE SUSPENSION

DÉSIGNATION des essieux	FEUILLES Nombre	FEUILLES Dimension	Étagement	RAYON de fabrication	FLÈCHE de fabrication	CORDE de fabrication	CHARGE d'épreuve
1er essieu	12	75/10	0,040	2,000	0,045	0,834	6250kg
2e, 3e et 4e ess.	12	90/12	0,030	2,000	0,065	0,985	8640kg

Cette machine a servi à faire une longue série d'expériences au chemin de fer du Nord. Le détail complet de ces essais a fait l'objet d'une Note de M. Pulin, qui a paru en mai et juin 1887, dans *la Revue Générale des Chemins de fer*.

On a fait cinq voyages d'expériences dans les conditions habituelles du service en 1886, de Paris à Longueau et de Paris à Lille, lignes qui présentent des rampes de 4 à 5 *mm* par *m*.

A chaque expérience on relevait exactement le poids du train, une vingtaine de diagrammes sur les deux cylindres à haute et basse pression avec l'indicateur Deprez-Garnier, et, en même temps, les diagrammes des efforts de traction sur le crochet du tender et la vitesse du train à l'aide du wagon dynamométrique du Nord. Les pressions dans la chaudière, dans le réservoir intermédiaire, dans les boîtes à vapeur des cylindres, étaient données par des manomètres étalons.

M. Pulin, dans son mémoire, accompagne l'analyse des faits relatifs aux phases de la distribution d'observations relatives aux imperfections de la machine en essai et indique la possibilité de l'améliorer et de quelle façon il le faudrait faire.

Cette machine, en sept mois de service régulier, a fait un parcours de 73 800 *km*. Comparée aux autres locomotives à grande vitesse, elle paraît un peu faible, surtout sur les lignes accidentées. Cela tient à l'indépendance des essieux, laquelle, sur les rampes, ne permet pas de profiter autant de toute l'adhérence qu'avec l'accouplement ordinaire, car l'utilisation incomplète de celle-ci par les roues d'avant ne peut être compensée par un excédent de travail transmis à l'essieu d'arrière.

Les consommations moyennes kilométriques de combustible, pendant quatre mois de service, ont été de 7,81 *kg* pour la locomotive compound et de 9,6 *kg* pour la moyenne de six machines ordinaires faisant le même service, soit 19 0/0 en faveur de la compound.

La plus faible consommation relevée pour une de ces six machines est de 8,30 *kg*, ce qui donne encore un avantage de 0,50 *kg* en faveur de la compound.

La consommation d'eau a été par tonne kilométrique de 0,47 *l* à 0,53 *l* pour la locomotive compound, tandis qu'elle a été de 0,57 *l* pour les locomotives ordinaires.

Sous ce rapport, les expériences ont été assez limitées du reste. La consommation d'huile pour cette machine est très élevée, mais cela tient surtout aux boîtes radiales d'avant.

Machine Niesbet.

M. Niesbet a établi une machine compound en essai sur le North British Railway. Les distributions des deux cylindres à basse pression et à haute pression, sont commandées indépendamment par deux leviers.

Les cylindres sont disposés en tandem.

Il en est de même pour la machine de M. Dean, qui est en essai sur le Great Western Railway.

Cette disposition en tandem avait aussi été proposée par M. Mallet dans le but surtout de faciliter la transformation partout où l'on pouvait conserver les anciens cylindres en les faisant fonctionner comme cylindres détendeurs. . . . . .

M. Mallet a récemment étudié une machine à quatre cylindres et à deux groupes moteurs, dont le groupe d'avant est articulé par rapport au groupe d'arrière qui est fixe.

Le but est de faire des machines puissantes dont la charge soit répartie sur un grand nombre de points d'appui et qui eussent assez de flexibilité pour passer dans les courbes de faible rayon.

Dans cette nouvelle machine, outre l'emploi du système compound, il y a une importante simplification du système Fairlie ou Meyer.

M. Mallet vient d'appliquer cette disposition à une machine de 11 1/2 *t* en service, pour voie Decauville de 60 *c*, et rails de 9 *kg* avec des courbes de 20 *m* de rayon.

Cette machine est destinée à des transports de pièces d'artillerie, et des machines du même type font actuellement le service du chemin de fer de l'Exposition (chemin de fer Decauville).

M. Mallet a transformé en compound à deux cylindres des machines à six roues accouplées, type Bourbonnais, du chemin de fer de la Suisse Occidentale, et des machines à huit roues de la Société Autrichienne-Hongroise privilégiée du chemin de fer de l'État.

Actuellement la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. possède 3 types de machines compound, à marchandises et à voyageurs ; ces machines sont timbrées à 15 *kg* et ont 4 cylindres, 2 à haute pression et 2 de détente.

La Compagnie du Nord, les Chemins de fer de l'État et divers chemins de fer étrangers ont exposé des locomotives compound, nous avons cru ne pas devoir entrer dans des détails sur ces ma-

chines puisque les diverses notices qui seront publiées par les diverses Compagnies en donneront de très complets.

Nous joignons seulement à cette notice les silhouettes des machines compound P.-L.-M. (*Pl. 219, fig. 21, 22, 23 et 24*) qui figurent à l'Exposition et dont les données principales sont :

Machine express

Timbre de la chaudière		15 *k*	
Longueur des tubes (entre les plaques tubulaires)		4,035 *m*	
		C. 1	C. 2
Surface de chauffe	Foyer	11,62 m^2	11,62 m^2
	Tubes	107,86	116,41
	Totale	119,48	128,03
Surface de la grille		2,340 m^2	
Diamètre des cylindres d'admission		0,310 *m*	
Diamètre des cylindres de détente		0,500	
Course des pistons		0,620	

Machine à 8 roues couplées

Timbre de la chaudière		15 *k*	
Longueur des tubes		4,150 *m*	
		4.301	4.302
Surface de chauffe	Foyer	10,96 m^2	10,94 m^2
	Tubes	146,72	138,57
	Totale	157,68	149,51
Surface de grille		2,18 *mq*	
Diamètre des cylindres d'admission		0,360 *m*	
Diamètre des cylindres de détente		0,540	
Course des pistons		0,650	

ainsi que l'ensemble de la machine mixte du Nord (*Pl. 219, fig. 25 et 26*) et les dessins du tiroir de la machine Woolf à 8 roues accouplées (*Pl. 219, fig. 27*) établie d'après les plans de M. du Bousquet et dont les données principales sont les suivantes :

Diamètre des cylindres à haute pression . .	0,380
» » basse pression . .	0,660
Course des pistons.	0,650

Poids du cylindre double seul.	2.130 *kg*
» » » avec plateaux.	2.600 »
Inclinaison des tables sur l'horizontale. . .	1/8,5
Angle d'avance.	30°
Rayon d'excentricité.	0,070
Longueur des barres.	1,850
Courses des tiroirs.	0,158
Longueur des lumières d'admission et d'échappement.	0,450

Longueur des lanières :

Admission. — Cylindre	HP.	=	0,035
» »	BP.	=	0,050
Échapppement. — Cylindre.	BP.	=	0,090

Recouvrement du tiroir :

Extérieur. — Cylindre. . . .	HP. avant .	=	0,034
» » . . .	HP. arrière.	=	0,031
» » . . .	BP. avant .	=	0,034
» » . . .	BP. arrière.	=	0,031
Intérieur. — Cylindre.	HP.	=	0,000
» »	BP.	=	0,008
Timbre.			10 *kg*

La Compagnie du Nord vient de commander 20 locomotives de ce type à la compagnie de Fives-Lille mais en augmentant le timbre.

La Société de construction suisse à Winterthur expose actuellement au Champs de Mars une machine compound destinée au chemin de fer de Jura-Berne.

Cette locomotive qui a trois paires de roues accouplées avec un bissel à l'avant est à cylindres extérieurs, le petit cylindre a 450 *mm* et le grand cylindre 640 *mm*. La course commune est de 650 *mm*.

Cette machine est munie d'un appareil spécial pour le démarrage, qui permet d'admettre la vapeur dans le grand cylindre à une pression de 5 *kg* alors que le petit cylindre reçoit la vapeur de la chaudière timbrée à 11 atmosphères.

La Pl. 220, fig. 28, 29, 30 et 31 donne cette machine et la Pl. 219, fig. 32 le dessin du clapet de démarrage.

La Compagnie du North Eastern Railway vient de faire cons-

truire une machine compound express à roues libres (*Pl. 220, fig. 33, 34 et 35*), d'après le système Worsdell et Von Borries.

Les dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre du cylindre.	HP.	457 *mm*
» »	BP.	660
Course du piston.		609
Diamètre roues motrices		2,165 *m*
Timbre.		12,3 *kg*
Poids de la machine en service :		
Bogie.		14829
Roues motrices.		18282
Roues arrière		10411

Enfin on peut signaler comme nouveauté en fait de compound un projet de machine compound à 2 cylindres de M. Mallet, dans lequel les cylindres sont dans l'axe de la machine et opposés, les deux essieux sont à un seul coude et attaqués chacun par le piston d'un des cylindres, le grand cylindre est à enveloppe et aura 800 de diamètre intérieur, le timbre sera de 12 *kg*.

La question de la marche en compound est donc à l'ordre du jour pour les chemins de fer, et, après avoir subi un temps d'arrêt assez considérable, elle vient, dans ces derniers temps, de faire des progrès qui en hâteront la solution.

Quant au système compound en lui-même, il est évident, et les résultats sont là pour le prouver, que c'est une solution économique, surtout pour les machines marines et pour les machines fixes à condensation puissantes, mais je crois qu'il n'en découle pas absolument qu'il soit avantageux pour les locomotives.

Le service des machines locomotives est tout différent de celui des machines fixes et marines. Le travail varie constamment pour les machines locomotives; or le compound est spécialement économique pour un travail constant donné et me paraît devoir être peu économique pour tout travail autre que celui pour lequel il a été établi, et, ce qui est bien pour les unes peut très bien ne pas l'être pour les autres; pour faire des comparaisons justes il ne faut s'appuyer que sur des essais faits avec des machines locomotives de divers systèmes, mais établies exactement dans les mêmes conditions; de cette façon seulement les résultats économiques trouvés sont réels.

Si on modifie une machine en augmentant son poids adhérent qui était précédemment trop faible par rapport à sa surface de

chauffe, on aura évidemment des résultats économiques par le compound, qui augmente forcément le poids adhérent, mais ces résultats ne prouveront absolument rien.

M. James Forrest, secrétaire de l'Institut des Ingénieurs civils de Londres, m'a envoyé la notice de M. Edgard Worthington, sur la locomotive Compound, travail très important, d'abord pour tous les documents qui y sont réunis avec un grand talent, et, ensuite, par les considérations, calculs, études qui y sont développés avec un art remarquable.

M. Worthington, dans son tableau VII, arrive à une économie de combustible moyenne de 18 0/0, mais pour que cette économie soit certaine, il faudrait la contrôler par l'eau économisée sur l'eau dépensée, quoique l'eau entraînée puisse venir aussi modifier ces résultats, puis, enfin, ramener la dépense de combustible et d'eau à des charges et à des vitesses égales et ne pas oublier d'employer des combustibles de même qualité, d'avoir des machinistes aussi capables, de tenir compte de l'influence du temps, etc.

Les appareils nouveaux, lorsqu'ils sont neufs, soignés d'une manière toute particulière par leurs inventeurs ou propagateurs avec un personnel de choix, donnent toujours une écononomie considérable, et lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes avec un personnel plus ou moins capable comme pour les appareils ordinaires, ils ne rendent souvent pas plus de 50 0/0 de l'économie trouvée aux essais.

Je suis convaincu qu'il y a une économie de combustible avec le système compound, mais *toutes choses égales d'ailleurs*, je ne pense pas qu'elle puisse dépasser 5 à 8 0/0; or, entre un bon et un médiocre machiniste, nous avons des différences bien supérieures, de 5 à 8 0/0 ces différences atteignent jusqu'à 50 0/0 avec moyenne de 15 à 20 0/0, de même entre une locomotive ayant son mécanisme, ses bandages en parfait état, et celle sur le point de rester aux ateliers pour usure, il y a une différence de consommation qui atteint souvent 15 à 20 0/0, si nous comparons les dépenses de combustible par 100 tonnes kilométriques brutes, nous trouvons pour l'ensemble du réseau de la Compagnie d'Orléans :

1887.	5,86
1888.	5,76

soit une différence de 2 0/0 qui réellement est plus considérable puisque en 1888 nous avons un parcours de trains beaucoup plus considérable sur les lignes à fortes rampes. Si nous considérons

les primes touchées par les machinistes pour combustible, huile, temps regagné, surcharge etc., nous trouvons les différences suivantes :

	EXPRESS	VOYAGEURS	MARCHANDISES	Moyenne générale
Dépôt de Paris.	38,93 0/0	59,07 0/0	75,75 0/0	62,53 0/0
— d'Orléans	38,52 0/0	66,79 0/0	69,65 0/0	
— de Tours.	67,54 0/0	83,52 0/0	88 0/0	
— de Périgueux.	80,07 0/0	41,65 0/0	50 0/0	
	56,26	62,30	63,85	

Ces différences prouvent combien il faut être réservé pour déduire telle ou telle opinion d'une économie de combustible trouvée.

Parmi les avantages du système compound, on signale :

1° Facilités de démarrage.

Je crois que l'on pourrait dire plutôt le contraire dans bien des cas ; du reste nos locomotives ont une distribution telles qu'elles démarrent facilement leurs trains et sont très rapidement en vitesse. L'inconvénient de démarrer difficilement qui peut se rencontrer pour certains types de locomotives peut-être évité, c'est une question de distribution.

2° L'échappement de vapeur étant diminué comme pression il en résulte que des étincelles ne sont pas projetées.

On peut obtenir les mêmes résultats en adoptant l'échappement variable qui est assez général en France et en ne donnant pas en tout cas une section trop faible aux tuyaux d'échappement.

Nous essayons un échappement fixe d'un de nos ingénieurs M. Wassner, qui paraît donner de bons résultats : l'échappement se fait dans un anneau creux armé d'une série de petites tuyères placées circulairement. Le tirage dans ces conditions est plus régulier et paraît faciliter l'emploi des menus ; il ne fait pas sauter le combustible dans le foyer.

On arrive aussi à un bon résultat avec le système Lencauchez qui renvoie une partie de la chaleur de la vapeur d'échappement dans la chaudière et diminue la quantité lancée dans l'atmosphère tout en réalisant une économie de combustible. Nous avons une certaine quantité de locomotives à marchandises munies de l'appareil Lencauchez ; l'économie réalisée est de 5 0/0, peut-être plus ; pour les

locomotives à voyageurs, nous avons renoncé à ce système à cause de sa complication.

3° Les machines compound sont plus stables.

Les machines compound jusqu'à présent ont deux cylindres extérieurs ou intérieurs ou bien des cylindres extérieurs et un ou deux cylindres intérieurs. Or, les machines à cylindres extérieurs seront toujours moins stables que celles à cylindres intérieurs. J'ai eu et j'ai encore en service des machines des deux systèmes et il y a des avantages si considérables d'avoir des cylindres intérieurs que sauf des cas exceptionnels pour des solutions spéciales, je trouve qu'on doit préférer les machines à cylindres intérieurs qui sont au moins aussi stables qu'une machine compound quelconque.

4° La machine compound diminue les difficultés dues au laminage de la vapeur.

Pour les faibles admissions dans les locomotives ordinaires, ce laminage amène le surchauffement de la vapeur qui occasionne le grippage des surfaces de frottement du tiroir du piston.

On peut remédier à cet inconvénient par un graissage suffisant pouvant se faire en marche, sous pression, de la plate-forme du machiniste et aussi par une légère ouverture du robinet d'eau de l'appareil Le Chatelier.

L'avantage de la machine compound à ce point de vue n'a donc pas une valeur absolue ; il reste bien la chute de pression occasionnée par le laminage de la vapeur, mais son importance ne nous paraît pas très grande et peut être combattue par des distributions spéciales, comme il y en a plusieurs à l'étude en ce moment et qui tendent à l'application du fonctionnement Corliss aux locomotives.

5° Diminution de la condensation.

M. Worthington, aux pages 7, 8 et 9 de sa notice sur les machines compound, étudie l'influence de la condensation dans ces machines comparativement à celle qui se produit dans les machines à cylindre unique. Le résultat est tout à l'avantage des machines compound. Ce fait bien connu est exposé d'une façon très claire, mais l'auteur de la note reconnaît que « la vapeur » passe si rapidement dans les cylindres des locomotives que le » phénomène décrit ci-dessus se présentera à un degré moins » élevé dans ces machines que dans celles marchant à une vitesse » moindre ».

En effet la vapeur à la température initiale venant au contact

du cylindre alors que l'échappement vient de se produire, trouverait théoriquement une paroi à une température voisine à 100° et se condenserait rapidement en élevant la température du cylindre qui, à son tour, produirait une évaporation de l'eau pendant la détente, ce qui est utile, et une évaporation pendant l'échappement, ce qui est une perte.

Il faut faire intervenir un autre phénomène surtout pour les locomotives, c'est l'influence thermique de la compression.

On voit donc une série de phénomènes qui se passent dans un espace de temps qu'il est utile de signaler.

Aux allures rapides, la vitesse de rotation des locomotives atteint 4 à 5 tours à la seconde, soit 8 à 10 cylindrées.

La série des phénomènes considérés doit donc se passer en 1/8 ou 1/10 de seconde.

Il en résulte qu'en réalité, le cylindre d'une locomotive prend une température d'équilibre pour laquelle les variations de régime sont très faibles et que les résultats de la condensation sont tout à fait différents de ceux qui se produisent dans une machine fixe à allure lente.

La machine compound, du reste, compense amplement l'économie qui pourrait se produire d'après ces considérations, par les dimensions à donner aux grands cylindres de détente qui atteignent 600 et 762 *mm* de diamètre (machine Dreadnough, de M. Webb) et qui par conséquent offrent une surface de refroidissement considérable.

Il résulte de ce fait une très grande condensation.

La note de M. Worthington signale (p. 35) les dispositions spéciales prises par MM. Webb et Wordsell, pour évacuer cette eau de condensation.

« Dans une locomotive, grâce à son mouvement rapide dans » l'espace la perte occasionnée par cette cause (la radiation) doit » être très considérable ; c'est pourquoi chaque augmentation » dans les dimensions ou dans le nombre des parties chaudes ex- » posées est un désavantage. »

Ce passage rapproché du texte cité plus haut, permet d'affirmer que l'influence du compound au point de vue de la condensation ne peut pas entrer en ligne de compte.

Il ne résulte pas de là qu'il faille abandonner les machines compound ; c'est loin de ma pensée, puisque, lorsque j'étais en Autriche, j'en ai fait construire une pour la Société Austro-Hongroise privilégiée des Chemins de fer de l'Etat et d'après le système

Webb, et si beaucoup de mes collègues n'en construisaient pas, je serais des premiers à en avoir pour expériences, mais dans les conditions actuelles, je trouve naturel d'attendre les résultats des essais en grand faits de divers côtés.

Je vous donne mon appréciation actuelle sur les machines compound : je puis me tromper et je ne demande pas mieux que d'être convaincu. C'est une solution qui s'impose dès à présent pour les pays où le combustible est exceptionnellement cher et dans quelques cas spéciaux ; mais Watt a dit : « En toutes choses et surtout en mécanique, il faut chercher la simplicité, » et le compound, pour la locomotive, est une complication.

Les hautes pressions ne peuvent être employées actuellement dans les locomotives par suite de l'imperfection des distributions qui ne peuvent prolonger la détente assez loin. Avec le système compound, on peut la prolonger davantage. Dans nos machines express timbrées à 10 *kg*, l'avance à l'échappement commence à 52 0/0 de la course et la vapeur s'échappe à 3 *kg* ; si la pression était notablement supérieure à 10 *kg*, nous lancerions dans l'atmosphère de la vapeur à 5 ou 6 *kg*, ce qui serait peu économique. Aux vitesses de 75 à 80 *km*, cet échappement à 52 0/0 de la course, a moins d'inconvénients, car nous avons constaté d'après les diagrammes, que la vapeur n'a pas le temps de s'échapper assez vite ; la chute de pression n'est pas rapide comme pour les machines à petite vitesse et la détente effective est plus grande que la détente nominale.

La locomotive Compound serait donc très certainement une solution théorique notablement économique, mais il faudrait, comme pour les machines fixes ou marines, être libre de donner aux cylindres les dimensions voulues ; or, entre les longerons, la place est insuffisante et en dehors la place manque par suite du gabarit.

Pratiquement, nous ne croyons pas que l'économie réalisée compense les difficultés d'entretien provenant de la complication mécanique et les dépenses supplémentaires de graissage, même pour les machines compound à deux cylindres, car, malgré toutes les précautions prises, le travail n'est pas égal de chaque côté de la machine et il en résulte évidemment des pertes de travail et des dislocations plus ou moins rapides et onéreuses.

La locomotive compound établie ainsi à deux cylindres n'est donc pas économique.

Il faut donc arriver aux compound à trois ou quatre cylindres ; mais alors je crois que l'économie de combustible sera à peu près

contrebalancée par l'augmentation de dépenses de construction, de graissage et d'entretien du mécanisme. Cette opinion est aussi celle de M. Wortington qui admet (p. 39 de sa notice), que « la » locomotive à deux cylindres sera très économique; mais l'éco- » nomie résultant d'une locomotive à trois cylindres d'un prix » plus élevé, sera diminuée environ de la moitié par l'intérêt addi- » tionnel de son prix de construction; il est assez vraisemblable » qu'une locomotive compound à quatre cylindres ne sera pas » économique. »

La discussion qui a eu lieu pendant la session 1888-89 à la Société des Ingénieurs civils de Londres sur cette note de M. Wortington a été extrêmement intéressante et si le système compound a des partisans résolus avec MM. Webb et Worsdell en tête, il y a également des ingénieurs qui ne sont pas convertis par les 150 applications qui ont été faites sous leurs yeux, il faut compter parmi ces derniers, MM. Stroudley, Adams, Sterling, Johnson Drummond, etc.

Il résulte de cette discussion que l'avantage constaté peut être attribué, tout au moins en partie, à la distribution Joy que possèdent les machines compound, alors que les autres ont la distribution à coulisse ordinaire et, de plus, que les essais n'ont pas été faits de manière à être comparables pour qu'une preuve bien nette ressorte en faveur des machines compound.

En Amérique, dans une réunion d'ingénieurs d'avril 1889, on s'est occupé de la machine compound ; la question est secondaire vu le bas prix du combustible.

M. Ely vient d'acquérir la machine Webb *Pensylvania* et des essais sont actuellement en train de se faire.

Je crois intéressant en finissant de vous citer : I. les conclusions d'une note présentée au XIII[e] Congrès des Ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris les 11, 12, 13 novembre 1888, par MM. Coste et Bour :

« 1° La machine compound est nécessairement peu élastique et » son fonctionnement normal pour les conditions de marche pré- » vues par le constructeur peut devenir très défectueux, dès que » l'on s'écarte de ces conditions ;

» 2° La machine compound se prête moins bien à une marche » régulière que la machine à un seul cylindre lorsqu'elle est » appliquée à un travail variable.

» 3° La machine compound ne se prête pas facilement à la » marche double, en ce sens que les conditions d'établissement

» d'une machine à condensation diffèrent de celles d'une machine » à échappement libre. Ainsi, quand on s'écarte pour une même » machine d'une certaine puissance moyenne, on est exposé à » trouver pour l'une des deux marches un fonctionnement très » défectueux.

» 4° Les machines compound sans condensation présentent à » un degré exagéré tous les inconvénients que nous trouvons aux » machines compound à condensation.

» 5° La machine compound ne nous semble pas pouvoir être » considérée comme un moteur industriel susceptible d'être établi » suivant des types fixes capables de répondre aux exigences » générales des ateliers. Bonne pour certains cas, elle peut dans » d'autres donner lieu à de graves mécomptes, si elle n'a pas été » établie en prenant des précautions spéciales. Il y a même des » cas où elle ne devrait jamais être adoptée. La machine à un » seul cylindre permet au contraire de constituer des types d'un » emploi plus général. »

II. L'opinion de M. Walter-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association alsacienne de propriétaires d'appareils à vapeur :

« La faveur dont jouissent les machines compound nous a ame- » nés à établir la moyenne de consommation de ce genre de mo- » teurs, expérimentés par nous dans les dernières années, et celle » de machines à un cylindre fournissant autant que possible la » même puissance indiquée. » Les résultats de cinq séries d'expériences sur chaque type sont consignés dans le tableau ci contre, les consommations étant données en kilogrammes de vapeur par heure et force de cheval indiquée.

Tableau comparatif des consommations de machines compound et de moteurs à un cylindre.

MACHINES COMPOUND				MACHINES A UN CYLINDRE			
Système	Puissance indiquée	Consommation	Observations	Système	Puissance indiquée	Consommation	Observations
4 tiroirs.....	66ch	7k346	Manivelles, 90°.	Corliss Creusot	152ch	7k69	»
Wheelock...	128	7,233	Tandem simple	» »	156	7,73	»
4 tiroirs plats	254	7,188	Manivellé 90°	» Berger.	215	7,605	»
Wheelock...	308	7,130	2 Tandems jumelés	» ancien	305	8,17	2 jumelles.
CorlissBerger	310	7,129	Manivelles, 90°.	» »	260	8,02	d°
Sommes....	1066	31,128	»	»	1088	39,215	»
Moyennes..	213,5	7,2056	»	»	217	7,843	»

« Si nous prenons la moyenne des consommations dans les deux » cas, nous arrivons, en faveur de la machine compound, à une » différence de : 7,843 — 7,2056 = 0,6374 soit 8,1267 0/0.

» D'autre part, la moyenne de quatre essais au frein exécutés sur » des machines compound nous donne un rendement » de. 0,8815

» et la moyenne de deux essais au frein de ma- » chines à un cylindre. 0,9115

» Différence en faveur de la machine à un cy- » lindre 0,03, soit 3 0/0. D'où différence en faveur » de la machine compound en tenant compte de la » puissance effective utile sur l'arbre du volant. . 5,126 0/0

» Si parmi les machines à un cylindre de cons- » truction récente, nous prenons, d'une part, la » Corliss Creusot consommant. . . . . 7,690 *kg*

» et d'autre part la Wheelock tandem con- » sommant 7,233

» La différence de consommation n'est plus » que de. . . . . 0,457 *kg* ou 5,942 0/0

» Nous obtenons un chiffre se rapprochant beau- » coup de ce dernier en comparant la Corliss Ber- » ger consommant. 7,605

» à la machine à 4 tiroirs plans consom- » mant. . . . . 7,188 *kg*

La différence est de. . . . . 0,417 ou 5,483 0/0

» et la moyenne de différence de 5,7125 0/0

» En tenant compte des différences de rendement l'avantage de » la machine compound se réduirait dans ces deux derniers cas, » à 5,7125 — 3 = 2,7125 0/0.

» En présence de ses considérations nous croyons qu'il y a lieu, » dans chaque cas particulier, d'examiner attentivement à quel » genre de moteur il faut donner la préférence ; cet examen devra » constater d'abord, si l'intérêt et l'amortissement de la plus-value » du moteur compound sont inférieurs à la dépense annuelle de » combustible plus forte de la machine à un cylindre. En second » lieu, les frais d'entretien et de graissage sont plus élevés pour la » machine compound que pour un moteur à un cylindre de la » même puissance.

La réputation faite aux machines compound s'explique prin-

» cipalement par les résultats avantageux obtenus dans la marine » où ce type a eu les premières applications. Pour les moteurs in- » dustriels, en dehors des considérations pécuniaires énoncées » ci-dessus, nous devons tenir compte encore des conditions de » fonctionnement. Une machine à un cylindre peut être plus fa- » cilement confiée à un soigneur médiocre qu'un moteur com- » pound. Celui-ci, étant même disposé pour recevoir de la va- » peur directe dans les deux cylindres, ne fonctionnera pas dans » des conditions avantageuses si, pour une cause quelconque, le » petit cylindre vient à manquer. Il faut alors introduire la va- » peur dans le grand cylindre fonctionnant seul, à une pression » assez basse pour que les organes ne soient pas compromis, ce » qui entraîne une marche peu économique.

» Si au contraire nous avons une machine jumelle dont l'un » des cylindres est arrêté, le second fonctionnera dans des condi- » tions tout aussi avantageuses qu'en marche ordinaire. Cette » considération est à faire valoir, surtout lorsque le moteur cons- » titue une machine de secours à laquelle on demande un travail » variant du simple au double par exemple. Il est alors tout indi- » qué de ne marcher qu'avec un seul cylindre.

» Pour de très grandes puissances, la machine compound se » recommande tant au point de vue économique que sous le rap- » port du fonctionnement, quand celui-ci est constant. Par contre, » quand le moteur n'a pas à fournir au delà de 200 à 250 che- » vaux, nous pensons qu'avec la perfection de la construction » moderne, la machine à un cylindre est préférable à cause de sa » simplicité.

» Dans ce qui précède, nous ne considérons pas les moteurs à » grande vitesse et de petites dimensions qui constituent une ca- » tégorie spéciale, et nos appréciations se bornent aux machines » usitées comme moteurs industriels pour lesquels doivent entrer » en ligne de compte le prix d'installation, les besoins de fabrica- » tion et l'absence de complications qui constituent toujours un » facteur désavantageux.

» En résumé, dans l'état actuel de la question, nous devons » nous borner à soumettre aux intéressés les observations précé- » dentes, en attendant qu'un plus grand nombre d'expériences » vienne les confirmer ou les modifier Nous tenons seulement » à mettre l'acquéreur d'un moteur à vapeur en garde contre un » entraînement qui, dans certains cas, est absolument justifié

» mais qui, dans d'autres, pourrait causer des surprises désa-
» gréables. »

Ce rapport est en tous points d'accord avec les conclusions que nous venons de reproduire, M Walter Meunier recommande la machine compound pour de très grandes puissances mais à la condition que le fonctionnement soit constant; on sait que c'est la réserve formulée par M. Bour et Coste, et ce point s'applique d'une manière spéciale aux machines locomotives et l'ensemble de ces conclusions confirme entièrement mon opinion sur l'application du principe compound aux locomotives.

VOIE MÉTALLIQUE UNIVERSELLE

BREVETÉE S. G. D. G.

PAR

M. P. MONCHARMONT

CHAPITRE I

Considérations sur les traverses en bois.

Lorsque l'on envisage le mode de fixation des rails de chemins de fer sur les traverses en bois, on rencontre deux systèmes principaux :

1° La fixation du rail appelé rail à patin ou vignole, directement au moyen de deux crampons ou tirefonds ;

2° La fixation du rail appelé rail à double champignon, au moyen d'un coin en bois, dans un coussinet qui est lui-même maintenu sur la traverse au moyen de deux ou trois tirefonds.

Dans le premier système, le déplacement latéral du rail sous l'effort de roulis des véhicules est prévenu par le bord de l'entaille de la traverse, et lorsque le bord de cette entaille est détérioré ou déplacé, cet effort s'exerce directement contre le tirefond ou le crampon et suivant une ligne de contact dont la longueur correspond à la hauteur de la partie rectiligne du bord du patin du rail. Il résulte de cette disposition que l'effort de pression latérale contre le rail qui, dans certains cas est considérable, donne lieu à une pénétration réciproque du tirefond et du patin du rail.

Ces deux pièces se pénètrent parfois avec une telle énergie que l'on rencontre au patin des rails des encoches dont la profondeur atteint le rayon de la section du tirefond et des tirefonds encochés eux-mêmes sur la moitié de leur section.

Dans le second système, c'est-à-dire dans l'emploi du rail à double champignon, le coussinet en fonte est, au contraire, fixé sur la traverse au moyen de deux ou trois tirefonds dont la tige

remplit, sauf le jeu nécessaire, le trou destiné à la recevoir, et pénètre dans la traverse.

De fait, le coussinet est maintenu sur la traverse au moyen de deux ou trois pièces et la pression latérale de ce coussinet contre les tiges de tirefond s'effectue sensiblement suivant des surfaces demi-cylindriques.

De plus, la distance entre les trous du coussinet placés à droite et à gauche de l'emboîtement du rail est plus grande que la distance des trous destinés à recevoir les tirefonds du rail à patin.

Il en résulte donc que le moment qui s'oppose au déversement du rail, et dont la force est représentée par l'adhérence des tirefonds dans le bois, a, toutes choses égales d'ailleurs, un bras de levier plus grand que dans le rail à patin et par conséquent est plus énergique.

Ces avantages importants du mode de fixation du coussinet en fonte sur la traverse sont la cause principale à laquelle nous attribuons la préférence marquée qu'accordent à ce système la plupart des Compagnies anglaises et quelques grandes Compagnies françaises, malgré la supériorité notable du prix de première installation comparée à la voie vignole.

Enfin, un troisième système applicable au rail vignole, et qui tend à se généraliser, surtout pour les voies parcourues par des trains à grande vitesse, consiste à interposer, entre le patin du rail et la traverse, une selle en fer ou en acier munie en son milieu d'un encastrement venu au laminage à la largeur du patin du rail.

Cette selle est fixée sur la traverse au moyen de deux tirefonds dont les tiges sont tangentes intérieurement à un bord du patin ou rail et pénètrent dans un trou ménagé dans la selle et dans la traverse. La tête supérieure du tirefond presse, suivant une génératrice de contact, à la fois contre la selle et le patin du rail. Dans ces trois systèmes subsiste le mode de fixation sur la traverse en bois des rails et coussinets au moyen de crampons ou tirefonds qui se dessèrent et dont le jeu, qui facilite le desserrage, ne fait qu'augmenter avec le temps de service de la traverse et le tonnage qu'elle a supporté dans la circulation des trains.

Dans l'emploi du rail à double champignon serré dans un coussinet avec un coin en bois vient s'ajouter la sujétion du resserrage des coins.

Quant à la nature même de la traverse en bois, on ne saurait soutenir que, même neuve, elle peut offrir toutes les qualités d'homogénéité que présente le métal laminé et surtout l'acier doux.

Ce manque d'homogénéité dans la structure de la traverse en bois ne fait que s'accroître et d'une manière irrégulière avec le temps.

Une traverse en bois peut durer plus ou moins longtemps, suivant les soins apportés à sa préparation pour l'injection d'un sel antiseptique ou de la créosote, et suivant qu'elle se prête bien à cette préparation. On rencontre des traverses même créosotées et posées depuis moins de cinq ans, dont la croûte est bien conservée et même dure, et dont le milieu est pourri. La durée des traverses dépend également du ballast qui les enveloppe.

Lorsque les traverses sont pourries ou fendues à la partie supérieure, elles sont facilement reconnaissables comme défectueuses. Mais, il n'en est plus de même lorsque ces défauts affectent seulement le cœur de la traverse ou les surfaces noyées dans le ballast. Dans ce cas, on n'a plus guère pour guide que l'âge de la traverse, et de graves mécomptes au point de vue de la sécurité de la voie sont à craindre.

De plus, les entailles ou surfaces d'appui, sur lesquelles reposent les rails, s'usent continuellement et irrégulièrement, et la traverse elle-même peut fléchir et donner directement lieu à une inclinaison irrégulière de cette entaille.

L'inclinaison des rails et l'écartement de la voie ne sont donc pas mieux assurés que l'attache des rails.

CHAPITRE II

Considérations sur les traverses métalliques les plus usuelles.

Avant d'aborder l'étude qui fait l'objet du présent chapitre, nous croyons indispensable de définir nettement les qualités principales que doit avoir une traverse.

On doit, pour toute traverse, chercher à réaliser les conditions suivantes :

1° Surface d'appui assez longue et assez large se prêtant bien au bourrage du ballast ;

2° Forme de la traverse s'opposant à son déplacement transversal à la voie ;

3° Forme de la traverse ayant une section transversale qui réalise,

pour un poids donné, le plus grand moment d'inertie et renforcement effectif de la pièce à l'endroit des charges qu'elle doit supporter, soit par une surépaisseur donnée directement à la traverse, soit par l'addition d'une pièce rivée suivant les règles de la bonne construction ;

4° Fixation de chaque rail sur la traverse au moyen d'un système d'attache qui enveloppe le dessous du rail, serre les deux bords de son patin sur une certaine longueur et forme un emboîtement qui rende matériellement impossible le desserrage de ce rail sous les efforts de roulis et de tangage des trains.

Nous allons examiner ces différentes conditions et voir ce qui a été fait jusqu'à présent pour les réaliser.

1° Surface d'appui assez longue et assez large, se prêtant bien au bourrage du ballast.

La première traverse métallique a été conçue par Vautrin qui l'a formée avec un fer Zorès, et les profils de traverse métallique les plus généralement connus et employés aujourd'hui dérivent de ce type.

Nous considérons la forme du Zorès comme étant, parmi les barres laminées à profil constant, celle qui, pour un poids donné, réunit le mieux les conditions de résistance et d'assise que doit remplir une traverse.

Mais les variantes du fer Zorès sont assez nombreuses et nous nous contenterons de citer les deux qui nous paraissent les plus caractéristiques.

La première variante a été obtenue en supprimant les ailes horizontales du Zorès et en terminant par un cordon renforcé les parois inclinées

La seconde variante a été obtenue en formant le profil de la traverse au moyen de deux Zorès accouplés constituant un tout obtenu au laminage; c'est le système de traverses de MM. Boyenval et Ponsard.

Chacun de ces trois profils de traverse a ses partisans, et il est possible que suivant la nature du ballast une de ces formes soit préférable aux deux autres.

En tous les cas, les conditions visées ci-dessus relativement à la surface d'appui peuvent être obtenues avec les trois variantes examinées.

On peut également obtenir, dans certains cas, une surface d'appui assez large avec un fer cornière à ailes inégales reposant sur son

aile la plus large et, dans d'autres cas, avec un fer à simple T renversé également à ailes inégales

2° Forme de la traverse s'opposant à son déplacement transversal à la voie

Cette condition est complètement obtenue aujourd'hui avec les traverses creuses comme avec les traverses en forme de cornière ou de fer à T. En effet, il suffit, dans le premier cas, de fermer chacune des extrémités de la traverse creuse par un emboutissage en calotte effectué à chaud, et, dans le second cas, de rabattre en dessus ou en dessous chacune des extrémités de l'aile horizontale de la cornière ou des deux ailes inférieures du fer à T.

On peut aussi obtenir la fermeture des extrémités de la traverse en cornière ou en fer à simple T à ailes inégales en rivant un morceau de cornière à chacune de ces extrémités.

Les traverses creuses et les traverses en cornière et en fer à simple T à ailes inégales, ainsi fermées, auront une résistance, au déplacement transversal, supérieure à celle de la traverse en bois, parce que l'emprise de ces traverses dans le ballast sera plus énergique que celle des traverses en bois.

3° Forme de la traverse ayant une section transversale qui réalise, pour un poids donné, le plus grand moment d'inertie, et renforcement effectif de la pièce à l'endroit des deux charges qu'elle doit supporter.

Nous avons indiqué précédemment la forme des profils que nous considérons comme les meilleurs pour traverses métalliques.

Indépendamment du choix du profil courant de la traverse, celle-ci doit être renforcée à l'endroit des charges qu'elle est appelée à supporter, c'est-à-dire sous les deux rails qui doivent reposer sur elle, et cela pour résister en ces points à la compression et à la flexion. Nous ne connaissons qu'un seul système de traverse où cette augmentation d'épaisseur de la table puisse être obtenue directement au laminage : c'est le système de M. Post, qui permet de l'augmenter largement d'un tiers.

L'augmentation d'épaisseur obtenue par les autres systèmes généralement connus, soit pour le rail à patin, soit pour le rail à double champignon, résulte de l'emploi de semelles ou de coussinets fixés par des boulons ou des rivets posés en dehors de l'emboitement du rail.

La partie médiane des coussinets n'étant traversée par aucun boulon ou rivet, la fixation de ces coussinets sur le corps de la

traverse n'est pas suffisamment assurée, et il est souvent facile d'observer un bâillement entre ceux-ci et la traverse.

Ce bâillement s'accentue sous l'influence du passage des trains et contribue à provoquer la rupture de la semelle du coussinet.

Cependant, on peut aussi obtenir des traverses ayant leurs coussinets en fonte coulés directement sur la traverse proprement dite, dans laquelle on a pratiqué des entailles destinées à être remplies par la fonte au moment de la coulée, pour former des attaches. Nous croyons qu'il est difficile d'obtenir, par ce procédé, un écartement régulier des coussinets, et nous craignons, de plus, que le mélange de fonte et de fer enchevêtrés ne donne lieu, au refroidissement des pièces, à des commencements de rupture de la fonte. On peut également obtenir la fixation de la partie centrale du coussinet ou selle sur la traverse, au moyen d'un ou deux rivets à têtes rondes, en ménageant dans la partie supérieure de ce coussinet une cannelure plus profonde et plus large que la tête des rivets. Mais, dans ce cas, on diminue la surface de contact du patin du rail avec le coussinet de toute la surface supérieure de la cannelure, sans avoir la faculté de pouvoir disposer les rivets en quinconce.

Il semble cependant tout naturel de recourir à l'emploi de rivets à tête supérieure fraisée pour la partie centrale des coussinets, et nous ne voyons pas d'autre moyen à employer pour river *ad libitum* les coussinets sur la traverse.

Aussi avons-nous adopté, comme on le verra plus loin, ce mode de fixation pour tous nos coussinets plats.

Dans l'emploi des fers cornières et à simple T à ailes inégales renversé, nous obtenons un résultat analogue en employant des coussinets en fonte évidés de chaque côté, de manière à pouvoir river rationnellement deux parois de ces évidements à la traverse

4° Fixation de chaque rail sur la traverse au moyen d'un système d'attache qui enveloppe le dessous du rail, serre les deux bords de son patin sur une certaine longueur et forme un emboîtement qui rende matériellement impossible le desserrage de ce rail sous les efforts de roulis et de tangage des trains.

C'est assurément là qu'est la plus grande difficulté du problème, et c'est, on peut le dire hautement, ce qui a été jusqu'à présent la pierre d'achoppement des traverses métalliques.

On s'est livré, en vue d'obtenir ce résultat, à un très grand nombre de combinaisons, mais qui se rattachent toujours aux deux systèmes suivants :

1° Emploi de boulons ou de tirefonds ;

2° Emploi de clavettes.

L'expérience a appris que les écrous se desserrent sous l'influence des chocs répétés auxquels ils sont soumis, et que ce desserrage, une fois commencé, s'accentue rapidement. L'emploi du contre-écrou ou de toute autre combinaison de pièces faites à l'avance ne remédie au mal que très imparfaitement.

En somme, le meilleur moyen à employer pour empêcher absolument le desserrage d'un écrou consiste à rabattre sur sa partie supérieure un ou deux filets de la vis. Mais alors son enlèvement devient impossible. Ce n'est donc pas là une solution pratique au point de vue spécial qui nous occupe.

Les clavettes employées pour obtenir le serrage du rail dans le coussinet peuvent être verticales ou horizontales.

Les clavettes verticales sortent rarement de leur chambre pour tomber sur la voie lorsqu'elles sont desserrées ; mais elles ont le grave défaut de répartir sur une surface insuffisante du corps de la traverse la pression de serrage, et provoquent assez rapidement en cet endroit la détérioration de la matière.

Les clavettes horizontales nous paraissent bien préférables aux premières, en ce sens qu'elles permettent d'obtenir une surface de serrage suffisante.

Mais toutes les dispositions, et elles sont nombreuses, formées au moyen de pièces mécaniques préparées à l'avance sont insuffisantes pour empêcher le desserrage, et il résulte que, dans l'application, le moyen le plus usité pour s'opposer à ce desserrage consiste à former du côté du petit bout de la clavette un bourrelet ou cran s'appuyant contre le bord correspondant du coussinet. Un résultat analogue peut être obtenu au moyen de clavettes dont le petit bout est fendu à l'avance.

Tels sont les moyens défectueux et difficiles à pratiquer qui sont encore les plus employés pour prévenir le desserrage de la clavette.

Ces moyens ont, de plus, le grave défaut de ne permettre l'enlèvement de la clavette qu'en brisant le bourrelet et, par conséquent, en dénaturant la pièce et même le coussinet.

C'est après nous être pénétré absolument de cette idée qu'il était indispensable de faire une opération méthodique d'ajustage, pour assurer la fixation du rail dans le coussinet par la clavette, que nous avons imaginé le système de voie qui fait l'objet des descriptions qui suivent.

CHAPITRE III

Division sommaire de notre méthode.

Notre nouveau système de voie métallique comporte différents types de coussinets en fonte, fer ou acier, rivés sur la traverse proprement dite qui peut être une cornière, un fer à simple T renversé, ou un fer Zorès, mais toujours avec le mode de fixation du rail dans le coussinet au moyen d'une clavette indesserrable.

Notre système comporte de plus une machine spéciale destinée à faire à la position voulue une encoche à la clavette susnommée et un agencement, désigné sous le nom d'attelage, qui sert à relier la machine à un rail de la voie.

Cet outillage est complété par les deux appareils suivants :

1° Un marque-clavette avec lequel on relève exactement sur la clavette serrée provisoirement dans le coussinet au degré nécessaire la position de l'encoche à faire.

2° Un porte-clavettes.

Nous décrirons successivement les traverses et l'outillage de pose.

CHAPITRE IV

Description des différents types de traverse.

1. — Traverse avec corps en cornière et coussinets en fonte.

Ce premier type de traverse est représenté à la planche **221** par les figures **1**, **2** et **3**.

Il comprend essentiellement les pièce suivantes :

1° Une entretoise en fer ou en acier laminé dont le profil est une cornière à ailes inégales et porte à chacune de ses extrémités une cornière rivée sur son aile horizontale pour prévenir tout déplacement transversal de la traverse.

2° Deux coussinets en fonte qui sont symétriques et disposés symétriquement par rapport à l'axe de la voie. Ils s'appuient sur l'aile horizontale de l'entretoise et sont enveloppés sur une de leurs parois verticales par l'aile verticale de cette entretoise.

Ces coussinets ont la forme d'un bloc évidé sur les deux côtés latéraux au rail, et forment sur chacun de ces côtés un fourreau aux parois duquel sont rivées les ailes de l'entretoise.

Le dessus de ces coussinets est formé par une tablette dont la partie médiane est plane et a l'inclinaison voulue du côté de l'intérieur de la voie.

Cette partie médiane porte deux gorges qui déterminent un vide d'écartement limité par deux mâchoires entre lesquelles sont logés le rail et sa clavette de serrage.

La mâchoire du coussinet qui correspond à l'extérieur de la voie porte un emboîtement parallèle au rail pour recevoir le patin de celui-ci.

La mâchoire du même coussinet qui correspond à l'intérieur de la voie porte, au contraire, un emboîtement doublement incliné en concordance avec la surface de serrage de la clavette.

Le rail presse par son patin extérieur directement contre le fond du coussinet et est serré au moyen de la clavette entre son second patin et la mâchoire correspondante du coussinet.

Du côté de la clavette de serrage la tablette du coussinet et la mâchoire correspondante sont percées d'un trou transversal circulaire qui est destiné à recevoir un goujon d'arrêt de la clavette.

Le coussinet porte, en outre, en concordance avec le trou du goujon d'arrêt, une entaille qui est perpendiculaire au bord intérieur de cette mâchoire et est destinée à loger la tête du goujon d'arrêt et à l'empêcher de tourner.

L'âme centrale du coussinet est percée, à sa partie supérieure, d'un trou situé dans la direction d'une broche qui traverse le bas de la tige du goujon d'arrêt et permettant de faire sortir cette broche au moyen d'un repoussoir.

La clavette de serrage a une forme particulière.

Sa surface de serrage est inclinée de haut en bas et déviée de l'axe du rail. Sa surface de serrage contre le patin du rail et sa surface inférieure sont au contraire parallèles à l'axe du rail. Les deux extrémités de la clavette sont chanfreinées.

Cette clavette est munie sur son bord en biseau correspondant à la gorge du coussinet d'une entaille ou échancrure à fond demi-circulaire destinée à laisser passer le goujon d'arrêt.

La position de cette entaille sur la clavette doit être déterminée au moment de son emploi, c'est-à-dire sur la clavette chassée contre le rail dans le coussinet à la profondeur définitive.

Pour pratiquer cette entaille il est donc indispensable de déter-

miner préalablement sa position en la mettant en place dans les conditions précitées.

Nous verrons plus loin qu'un outil spécial permet de repérer exactement la position de l'encoche sur la clavette enfoncée dans le coussinet.

Quoi qu'il en soit, lorsque l'entaille est pratiquée sur la clavette, celle-ci est remise en place et l'on adapte au système un goujon d'arrêt ou verrou à tige cylindrique et verticale qui traverse le trou du coussinet et l'entaille de la clavette et empêche d'une manière absolue tout desserrage de celle-ci.

Pour empêcher que par malveillance l'on ne retire à la main le goujon d'arrêt, nous l'arrêtons à sa partie inférieure au moyen d'une goupille ou broche légèrement conique qui le traverse.

Ce goujon d'arrêt peut du reste être remplacé par un boulon renversé et serré au moyen d'un écrou qui s'appuie sur le dessus de la mâchoire du coussinet (Fig. 4). Ce type de coussinet en fonte est surtout applicable à la voie étroite, aux chemins sur route et aux tramways (Fig. 5, 6, 7).

Mais il peut être employé pour la grande voie en augmentant ses dimensions ainsi que cela est indiqué aux figures 20, 21, 22, 23 et 24) et donne lieu à la traverse ci-après :

II. — Traverse avec corps en fer à simple T et coussinets en fonte.

Dans ce cas, il convient pour élargir la surface d'appui de l'entretoise d'adopter pour celle-ci la forme d'un fer à simple T à ailes inégales renversé.

Ces divers coussinets en fonte sont coulés bruts, sauf l'entaille du goujon d'arrêt qui doit être percée et mortaisée et les trous des rivets qui doivent être percés.

Dans ces conditions le rivetage des coussinets, auxquels la forme en sabot donne une grande résistance et pour lesquels le bouterollage des rivets a lieu contre la surface de la cornière ou du fer à T, ne provoque aucune rupture de la fonte et permet d'obtenir un travail bien fait.

III. — Traverses avec corps en fer Zorès et coussinets plats en fer ou en acier.

Ces traverses comprennent deux types :

1° Le type de la voie étroite de 1 *m* avec rail de 20 *kg* le mètre.

2° Le type de la voie large de 1,50 *m* avec rail de 43 *kg* le mètre.

Chacun de ces deux types se subdivise du reste en traverse courante et traverse de joint.

La traverse courante pour rail de 20 *kg* et écartement de 1 *m* entre les rails est représentée sur les figures 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Le fer Zorès qui forme le corps de la traverse est fermé aux deux extrémités par un emboutissage à chaud à la presse hydraulique, obtenu après avoir fendu les ailes horizontales et les parois à l'endroit du raccord de la calotte avec la partie courante de la traverse.

Les deux coussinets plats qui doivent recevoir le patin des rails avec fixation au moyen de la clavette et de son goujon d'arrêt sont semblables à la portion supérieure des coussinets creux des traverses précédentes. Ils sont fixés sur le fer Zorès au moyen de deux rivets ordinaires placés en dehors des mâchoires des coussinets et intermédiairement au moyen d'un rivet à tête supérieure fraisée. Ces trois rivets sont disposés en quinconce.

Il résulte de cette disposition que les coussinets sont très solidement maintenus sur le corps de la traverse. Comme cela a lieu avec les coussinets creux la clavette et le goujon d'arrêt assurent, au point de vue mécanique, absolument la fixation des rails sur les coussinets plats.

Mais, pour empêcher que par malveillance l'on ne retire le goujon d'arrêt, nous avons disposé au-dessus de la tête de celui-ci une plaque de garde en retour d'équerre reliée au rail.

Cette plaque de garde a été obtenu au moyen d'un fer laminé dont l'extérieur porte une cannelure qui a une largeur supérieure d'environ deux centimètres, à la largeur de la tête du goujon d'arrêt qu'elle doit recouvrir. Dans la traverse courante cette équerre est directement boulonnée sur l'âme du rail.

Dans la traverse de joint (Fig. 14, 15, 16, 17, 18, 19), au contraire, la dite équerre est fixée directement à l'éclisse intérieure au moyen d'une vis (Fig. 14, 15, 16, 17, 18).

Dans ces deux cas le jeu qui existe entre les bords intérieurs de la cannelure et les bords de la tête du goujon d'arrêt dispense de fixer la traverse à sa position rigoureusement mathématique au moment de la pose tout en forçant à ne pas dépasser la latitude prévue. Il résulte de cet agencement un avantage très important au point de vue de la facilité de la pose. Il consiste en ce que le trou pratiqué dans le rail pour recevoir le boulon de la plaque de

garde sert de point de repère pour la pose préalable des traverses.

Lorsque l'emboîtement supérieur du coussinet est destiné à recevoir un rail à large patin (Fig. 25, 26, 27), il devient nécessaire de fixer cet emboîtement au moyen de deux rivets à tête supérieure fraisée.

Dans ce cas les coussinets sont fixés chacun au moyen de quatre rivets disposés en quinconce (Fig. 25, 26, 27). Les figures 25, 26, 27, 28, 29, 30 représentent du reste la traverse courante et la traverse de joint avec emboutissage des extrémités comme pour les traverses creuses définies précédemment.

IV. — Traverses avec corps en fer Zorès et coussinets plats à oreille en acier.

On peut, dans le cas d'une voie descendante à forte pente, avoir intérêt à munir le milieu des coussinets plats d'une oreille inclinée rivée à la paroi d'amont du fer Zorès (Fig. 31, 32, 33, 34. et 35).

Cette disposition assure très énergiquement la fixation des coussinets sur la traverse.

Les coussinets à oreille sont en acier moulé.

V. — Entretoises avec coussinets plats en fer ou en acier pour rail Broca.

Nous avons appliqué notre système de coussinet plat à l'entretoisement posé sur béton des rails Broca. Cette disposition est représentée (Fig. 36, 37, 38, 39).

Dans ce cas, l'entretoise est formée par une cornière sur l'aile horizontale de laquelle sont fixés les deux coussinets maintenus chacun au moyen de trois rivets dont l'intermédiaire a la tête supérieure fraisée.

L'entretoise est complètement noyée dans le béton qui est arasé au niveau de l'aile horizontale de la cornière.

La plaque de garde est supprimée, mais le goujon d'arrêt est beaucoup plus long que dans les cas précédents.

Le dessous du pavé est légèrement ébréché du côté de la mâchoire intérieure des coussinets.

La voie est d'abord montée en faisant reposer les entretoises sur des cales provisoires, puis la sole en béton est formée de ma-

nière à lui faire supporter directement le patin des rails et la surface inférieure des entretoises.

Les pavés sont ensuite posés en interposant entre eux et la sole en béton une couche de sable de quelques centimètres.

CHAPITRE V

Outillage de pose des rails sur les traverses.

L'outillage spécial de pose des rails sur les traverses comprend :

1° La machine à encocher proprement dite ;
2° L'attelage de la machine à encocher ;
3° Le marque-clavette ;
4° Le porte-clavettes.

Décrivons chacun de ces outils.

1° Machine à encocher les clavettes.

Cette machine est représentée figures 40, 41, 42, 43, 44 et 45.

Elle est formée d'un bâti *a* d'une seule pièce en acier forgé, percé d'une mortaise à section polygonale ou baie d'encochage dans laquelle on fait pénétrer la clavette à encocher et sa cale de butée.

La partie supérieure du socle du bâti est munie d'un trou cylindrique destiné à recevoir le porte-outil *b* et est percée sur un de ses flancs d'une fenêtre longitudinale pour permettre, pendant le parcours de l'outil, le déplacement de sa vis de fixation.

Le mouvement de montée et de descente de l'outil est produit par la disposition mécanique désignée sous le nom de duplex.

La partie inférieure du socle est pourvue d'une matrice circulaire extérieurement et ovale intérieurement, retenue par deux goupilles horizontales.

Le socle est muni de deux oreilles *e* percées d'un trou cylindrique et destinées à fixer la machine, comme on le verra plus loin. Il porte également deux pieds *f*, suivant lesquels il repose sur une plaque d'appui *g* en tôle, à laquelle il est assujetti par des vis.

Fig. 40. Vue de côté.

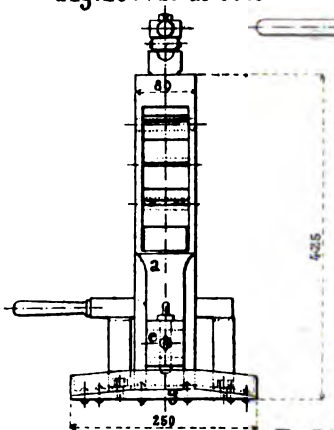


Fig. 41. Elévation _ Coupe suivant AB.

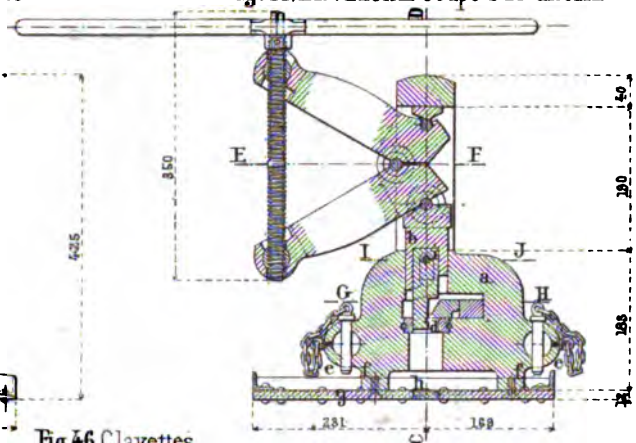


Fig. 42.
Coupe suivant CD.

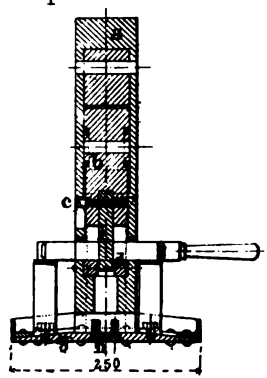


Fig. 44. Coupe suivant GH.

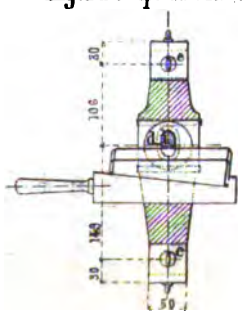


Fig. 46. Clavettes
Coupes ab.

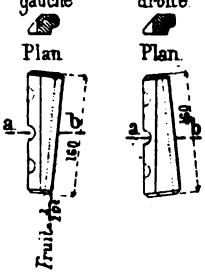


Fig. 43. Plan _ Coupe suivant EF.

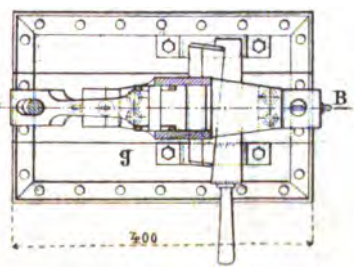


Fig. 47. Cales
Coupes cd.

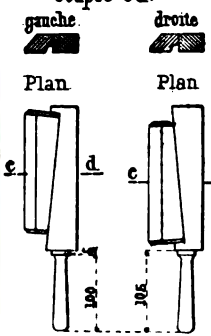
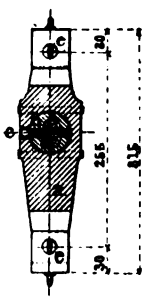


Fig. 45. Coupe suivant IJ.



Cette plaque d'appui ou semelle est bordée supérieurement par un cadre en cornière rivé sur elle, afin de protéger le dessus du plateau contre le sable et la terre. Elle est percée d'un trou correspondant à la direction du poinçon et destiné à recevoir un obturateur *h* ou tampon en cuivre vissé. On enlève cet obturateur pour retirer le poinçon et le remplacer, sans avoir pour cela à démonter le mécanisme supérieur de la machine.

Le poinçon *i* est à section rectangulaire terminé par deux demi-cercles. La vis *c* le retient dans le porte-outil dont le logement intérieur est de même section que l'outil.

Cet outil comporte un prolongement opposé à la partie active destiné à lui servir de guide.

Ce prolongement forme avec cette partie active un redan ou échancrure plus large que la profondeur de l'encoche à produire.

Le prolongement du poinçon porte intérieurement une entaille ou cran destiné à donner prise à un crochet pour le retirer par le trou de la plaque d'appui. Suivant que la clavette est à gauche ou à droite (Fig. 46), l'on fait usage pour la buter de l'une ou de l'autre des cales représentées par la figure 47, sur laquelle la clavette est également représentée.

Ces cales sont formées chacune par un parallélipipède rectangle, coupé longitudinalement par un plan vertical, faisant avec les arêtes du parallélipipède un angle égal à l'angle de serrage horizontal de la clavette ; elles sont, en outre, munies d'un talon correspondant au gros bout de la clavette pour prévenir tout glissement longitudinal de celle-ci pendant l'action du poinçonnage. Ces cales sont munies d'une poignée pour les mettre en place.

Il résulte de l'emploi de ces cales, dont on peut avoir un jeu pour toutes les dimensions de clavette, que la clavette étant butée d'une part par son gros bout, et s'appuyant d'autre part contre le bord oblique de sa cale, l'encoche sera pratiquée toujours à la même profondeur sur le bord taillé en biseau.

Le poinçonnage s'effectuera donc avec des bords vifs, sans mâchage ni bavure, en ce sens que la clavette et l'outil ne peuvent reculer, puisque l'une est butée par la cale, et que l'autre étant toujours guidée par ses deux extrémités ne pourra dévier de son mouvement rectiligne.

Deux petits supports en équerre sont montés sur le plateau respectivement en face de l'entrée et de la sortie de la baie d'encochage et s'élèvent à la hauteur de la matrice pour pouvoir supporter la clavette et sa cale.

La machine à encocher proprement dite, ainsi construite, peut se fixer par sa semelle au moyen de vis, ou de toute autre façon, sur un support quelconque destiné à former un socle de fondation.

Mais, comme cette machine est plus spécialement destinée à encocher les clavettes pour coussinets de chemins de fer et de tramways, nous avons combiné un système permettant de l'atteler à l'un des rails d'une voie quelconque.

2° *Attelage de la machine à encocher les clavettes.*

Cet attelage est représenté figures 48, 49, 50 et 51.

Il comprend deux fourches *a* et *b* reliées par une tringle *c*.

La fourche *a* est formée par deux crochets en col de cigne reliés entre eux par une entretoise.

Cette entretoise porte deux oreilles traversées par une broche *d* qui est retenue par un écrou et sur laquelle articule librement la tringle *c* de longueur convenable. Les deux joues des crochets qui correspondent à l'extérieur de la voie ont une inclinaison horizontale de dehors en dedans d'environ 1/10 et une inclinaison dans le sens vertical.

La largeur du vide ménagé entre les appliques de chacun des crochets est supérieure de quelques millimètres à la largeur du patin du rail auquel ils doivent s'adapter, afin de permettre, après avoir dégagé le ballast sous le rail entre deux traverses, d'engager chaque crochet, de manière à lui faire envelopper le rail et le caler avec son coin *e*, comme cela est représenté figures 48 et 49.

La fourche *b* est montée sur le tourillon qui termine la tringle et ses branches recourbées sont engagées dans les trous des oreilles de la machine a encocher.

Des goujons retenus par des chaînettes traversent les oreilles de la machine à encocher et les branches de la fourche, de manière à solidariser le tout.

La double articulation qui résulte de la branche *h* et du tourillon permet à la machine de reposer franchement sur le ballast, quelle que soit d'ailleurs l'inclinaison ou la hauteur de celui-ci par rapport au rail.

La fonction du rail qui, dans la pratique, pourrait être remplacé par n'importe quelle autre pièce fixe, est d'assurer à la machine une position fixe et d'empêcher son déplacement lorsque l'on agit sur le mécanisme actionnant le poinçon.

Les outils spéciaux, employés avec la machine pour faciliter l'encochage et la pose des clavettes, sont au nombre de deux. Ce sont :

1° Le marque-clavette ou la marque ;

2° Le porte-clavettes.

Décrivons ces deux outils.

3° *Marque-clavette.*

Cet outil sert à repérer la position de l'encoche sur la clavette non encochée et chassée dans le coussinet contre le rail, à la profondeur qu'elle doit occuper dans son emploi.

Cette marque est représentée figures 52, 53, 54, 55 et 56.

Elle est formée de plusieurs pièces.

La première de ces pièces est une frappe *a* à deux branches réunies par une entretoise centrale. Ces deux branches sont terminées inférieurement par deux biseaux parrallèles distancés de la profondeur de la baie d'encochage de la machine.

La partie supérieure de chaque branche est cémentée et les taillants sont cémentés et trempés.

Au milieu de la distance des taillants est un pivot *b* qui est vissé dans le corps de la frappe, ou ne forme avec elle qu'une seule pièce et dont l'extrémité inférieure est légèrement en dedans de l'alignement desdits taillants.

La troisième pièce est un guide *c*, qui a une tête piriforme à section horizontale elliptique et est relié à l'entretoise de la frappe par un tenon perpendiculaire à sa direction et retenu par une vis *d*. Le grand axe de la section horizontale elliptique du guide *c* est égal au diamètre des goujons d'arrêt correspondants, et ce pivot est suffisamment long pour pouvoir être engagé dans le trou des coussinets. L'entretoise de la frappe est traversée par la quatrième pièce de la marque en manche *e* de l'outil.

Il résulte de cette disposition que, pour se servir de la marque, il suffit d'engager son guide dans le trou du coussinet en faisant reposer les taillants sur la clavette en place dans ce coussinet et d'appliquer le bord des taillants contre l'emboîtement voisin du coussinet, puis de donner un coup de marteau sur la tête de chacune des branches de la marque pour obtenir sur la clavette deux traits parallèles également distancés des trous du coussinet et distancés entre eux de la profondeur de la baie d'encochage de la machine.

La clavette, ainsi marquée de deux traits parallèles, est retirée, placée avec sa cale dans la baie d'encochage de la machine et encochée exactement au point correspondant au trou du coussinet dans lequel elle était serrée.

4° *Porte-clavettes.*

Le porte-clavettes, représenté figures 57, 58 et 59, est formé par un bloc en bois à section rectangulaire dans lequel ont été découpées un certain nombre de cases numérotées destinées à recevoir les clavettes. Il est muni d'une poignée en fer fixée sur lui au moyen de deux branches.

Cet engin est destiné à recueillir avant l'encochage un certain nombre de clavettes sur lesquelles a été marquée la position de l'encoche à faire de manière à pouvoir, après l'encochage, les replacer, suivant le même ordre, dans les coussinets dont elles ont été retirées.

5° *Chasse-broche.*

Les figures 60, 61 et 62 représentent un chasse-broche. C'est un outil en acier ou en fer dont les extrémités sont aciérées et trempées, et qui sert à repousser les petites broches coniques des goujons d'arrêt des traverses avec coussinets en fonte (Fig. 1, 2, 3, 21, 22 et 23.)

6° *Mise en œuvre de la machine à encocher.*

L'assemblage des clavettes se fait couramment sur le chantier, et les outils qui sont nécessaires à cette opération sont la machine, son attelage, la marque, les deux cales et le porte-clavettes.

Pour faire l'encochage des clavettes pour une certaine longueur de voie, soit 50 *m* par exemple, on retire le ballast entre deux traverses et on cale la grande fourche de l'attelage contre le rail au moyen des coins en bois. Puis l'on engage la machine par ses deux oreilles dans les branches de la petite fourche et on l'assujettit au moyen de ses goujons.

Dans ces conditions, il suffit simplement d'enlever le tourne-à-droite ou clef de manœuvre de la vis, avant le passage d'un train pour permettre à celui-ci de circuler librement, la machine et son attelage se trouvant en dehors du gabarit de passage.

Les figures 63, 64, 65 et 66 représentent la machine dans les deux positions différentes qu'elle peut occuper, c'est-à-dire dans l'entrevoie et sur un côté de la voie.

Pour faire la pose des clavettes, un ouvrier muni du porte-clavettes, de la marque, d'un marteau et d'un chasse-clavettes, repère la position de l'encoche de chacune des clavettes sur son coussinet, en suivant un ordre déterminé, remet dans le même ordre dans le porte-clavettes les clavettes repérées et rapporte le tout près de la machine. Il pratique alors l'encoche aux clavettes, les remet à leur case respective dans le porte-clavettes et va les poser en suivant l'ordre dans lequel elles ont été repérées.

Deux hommes peuvent facilement encocher et poser, dans une journée de dix heures, 250 à 300 clavettes, suivant que le diamètre de l'encoche est de 18 ou de 15 *mm*.

Le remplacement de la matrice et du poinçon sont faciles, puisque l'on peut les retirer par le trou du plateau en enlevant le tampon en cuivre qui le bouche en temps ordinaire et les remplacer par des pièces neuves.

Paris, ce 11 juin 1889

CHRONIQUE

N° 115

Sommaire. — Exploitations forestières en Suède *(Suite et fin)*. — Coups de feu aux chaudières *(Suite et fin)*. — Fabrication du coke en Amérique. — Ponts métalliques aux États-Unis. — Découverte du gaz naturel aux États-Unis. — Décomposition du sel marin par l'électrolyse.

Exploitations forestières en Suède *(Suite et fin)*. — Les dépenses de flottage sont assujetties à des variations très grandes, dues à l'état de crue ou de baisse des cours d'eau. Pendant certaines années, l'insuffisance des crues fait qu'une grande partie des bois restent en route. Ainsi, durant l'été qui a succédé à l'hiver 1879-80, privé de chutes de neiges, 180 000 pieds d'arbres échouèrent ou s'entassèrent dans le Ljusne-Elf, et 720 000 dans ses affluents, de sorte que de 2 200 000 pièces 1 300 000 seulement arrivèrent à destination. En revanche les crues torrentielles de l'année 1881 ont permis de faire flotter, avec un plein succès, 3 187 517 billes de sciage. Sur les torrents en montagnes les frais de flottage sont ordinairement plus élevés que sur les cours d'eau principaux.

Dans le bassin du Ljusne-Elf, sur un cours développé d'environ 374 *km*, la moyenne des frais de flottage pendant les années 1880 à 1885 a été de 0,0295 *f* par mètre cube et par kilomètre.

Le flottage se clôture par le *slutrensving* (littéralement nettoyage de la fin) ou, comme le disent les flotteurs, *rumpan* (la queue). Sous cette dénomination on entend la mise dans le courant, pour être dirigés à destination, de tous les bois arrêtés en route. Ceci se commence, naturellement, toujours par le haut des cours d'eau. Sur le Ljusne-Elf, ce travail est fait par une cinquantaine d'hommes, 30 pour le jour, 20 pour la nuit (très courte en été). Ces hommes remettent à flot tout les bois échoués. Leur tâche, d'ailleurs fort pénible, n'est pas toujours entièrement réalisable, notamment sur certains lacs très étendus en longueur, avec des rivages très plats, où des vents contraires entassent souvent des masses de bois tellement prodigieuses que le temps nécessaire pour les remettre à flot arrêterait le reste du flottage.

Ces cas de force majeure sont du reste prévus par le cahier des charges fixant comme tolérance un maximum de pièces échouées, au delà duquel les entrepreneurs subissent une amende pour chaque bille laissée en plus.

Sur la moitié supérieure du Ljusne-Elf et de ses affluents, ce curage se termine ordinairement fin juin. Le plus fort du flottage de la partie inférieure ayant lieu en juillet et en août, le curage s'y fait forcément

plus tard. Sur les derniers dix kilomètres du Ljusne-Elf, à cause de l'importante pêche du saumon, le flottage n'est permis qu'à partir du 1er août.

Toute la main-d'œuvre en général, pour le flottage sur les cours d'eau du Nordland, exige des travailleurs robustes et intrépides, comme aussi pour chefs des hommes énergiques et expérimentés, capables de bien diriger leur monde par leur exemple, leur ascendant pratique plutôt que par des procédés coercitifs, mais aussi sachant avec intelligence intéresser leurs travailleurs à la prospérité de l'entreprise.

Aux réflexions qui précèdent, on peut ajouter que le bon sens pratique de toutes les classes du peuple suédois et sa prédilection bien connue pour les occupations sérieuses procurent aux entreprises en question un recrutement assuré.

Les plus importantes scieries du nord de la Suède, organisées pour le débit commercial en gros, appartiennent, ou à des propriétaires individuels, ou à des Compagnies d'actionnaires. De cette seconde catégorie sont notamment les grandes usines créées dans ces derniers temps au nombre de 92. Les plus importantes sont situées au nord du Dal-Elf; de cette région, y compris Geflé, s'embarquent les 83 0/0 de la totalité des sciages livrés par la Suède au commerce étranger.

La majeure partie de ces établissements sont, à quelques détails près, du même type et de la même installation. L'usine se trouve ordinairement près de la mer, à l'embouchure d'une rivière flottable où elle a son port particulier. Il en est cependant qui sont situées à l'intérieur, sur des lacs, reliées à la mer par des voies ferrées soit à section normale soit à petite section. Les unes comme les autres occupent un vaste espace. Munies de moteurs puissants et de lames nombreuses, elles débitent, malgré le temps d'arrêt de quelques mois en hiver, année commune, jusqu'à 500 000 billes aux dimensions moyennes de 0,30 *m* de diamètre et de 6 *m* de longueur. Pour donner une juste idée d'une telle quantité de bois, nous ferons remarquer qu'elle couvrirait une chaussée d'une largeur de 6 *m* allant en ligne directe de Bordeaux à Bayonne.

Ainsi sont établies, près de la ville minière de Falun, les puissantes usines du *Korsnäs-Sägewerks-Aktiebolag*, lesquelles débitent la plus grande partie du bois flotté sur le Dal-Elf. De même sont situées sur les lacs formés par le Ljusne-Elf, les scieries de Bergvick, de Marma et d'Akesta; celles du Dellen, avec leur chemin de fer et port de Hudikwall, et encore les nombreuses usines des deux rivières entre l'embouchure desquelles est située la ville de Sundvall avec son port d'exportation, le plus important de toute la Suède.

Un assez grand nombre de scieries de moindre importance sont situées sur des estuaires ou criques maritimes secondaires, où elles reçoivent leurs billes brutes par voies ferrées ou bien remorquées sur des radeaux.

A beaucoup d'usines sont annexés des hauts fourneaux pour l'utilisation directe du déchet des sciages. Ce déchet doit être considérable, puisque, pour l'utiliser, plusieurs de ces entreprises trouvent leur compte à faire venir le minerai de fer par mer, via Stockholm, de la province de Vestmauland (Suède centrale).

Les anciennes scieries, d'un agencement très simple, utilisaient comme force motrice les abondantes chutes d'eau du pays avec une turbine pour chaque cadre de scie. Mais les premiers froids et les gelées qui s'ensuivaient suffisaient souvent pour arrêter complètement la marche de ces engins, au grand préjudice de l'entrepreneur et de ses travailleurs.

Les usines nouvelles, pour s'assurer une action à la fois plus productive et plus constante, ont introduit le moteur à vapeur, pour lequel les énormes déchets en sciure et en débris, impropres à la carbonisation, fournissent un combustible suffisant. Avant cette époque, la sciure avait été presque exclusivement employée à couvrir les meules de charbon et les débris de bois à niveler les chemins.

Les usines qui nous occupent forment de réelles colonies, indépendantes des villes et villages auprès desquels elles sont situées, à des distances plus ou moins grandes. Quelques-unes de ces agglomérations ont assez d'importance pour posséder sur le sol même de l'usine tout ce qui constitue un centre de population bien organisé : église, école, postes, hôtel et douanes. Dans ces établissements essentiellement industriels où la culture du sol, quand elle existe, est chose purement accessoire, dominent naturellement les habitations ouvrières, logeant chacune de douze à seize familles. Ces bâtisses sont souvent assez primitives, entièrement en bois, avec un nombre de portes d'entrée variant d'une à six.

L'usine, pour pouvoir empiler ses bois flottés, a besoin d'un vaste emplacement (en suédois : ***timmermagasin***, c'est-à-dire entrepôt de bois de charpente). Ordinairement c'est un grand bassin séparé de la rivière, du lac ou de l'estuaire par une digue en pierre pourvue d'une écluse. Les bois y arrivent par eau et sont ensuite disposés par couches, obliquement inclinées, très serrées les unes sur les autres.

Par suite du manque de place dans le ***timmermagasin***, on est parfois obligé de faire, comme pour les bois à brûler, des piles sur le sol sec, en les étayant avec des poteaux. Ce sont les bois de ces piles que l'on scie en hiver, quand ceux du bassin sont pris dans les glaces.

On a pour les poutres flottées, d'autres bassins près du mouillage, d'où on les passe directement vers l'écoutille pratiquée au flanc du navire qui doit les charger. Quant au bassin pour les rondins, il communique habituellement avec le bâtiment de l'usine par un canal dans lequel, aussitôt que le froid commence, on peut, en cas de besoin, entretenir des rigoles d'eau vive.

Le bâtiment de la scierie proprement dite est presque toujours élevé d'un étage, de manière que les arbres de couche se trouvent au rez-de-chaussée et que les courroies de transmission passent de là au premier étage où sont installés les mécanismes de sciage. Cette disposition facilite la surveillance des différents détails, offre plus d'espace pour le maniement des bois à débiter, maniement facilité encore par des plans inclinés ; enfin, elle permet de faire tomber, par des trappes ***ad hoc***, les grumes ***(ribb)*** et les sciures ***(span)*** dans des voitures placées en-dessous.

Pour les machines, on a cherché une construction unissant à une grande force le moins de complication possible. Éviter, autant que faire se peut, les réparations, faciliter le coup d'œil sur les pièces du mouve-

ment et rendre l'entretien moins coûteux est toujours ce que l'on cherche à atteindre. Les engins, sortant des ateliers de J.-K.-C. Bolinder, à Stockholm, paraissent assez bien réunir ces conditions, puisque leur type a été adopté un peu partout.

Des machines venues de l'étranger n'ont pas réussi à se faire employer; on les a trouvées trop compliquées.

Les billes sont communément débitées, soit en madriers, soit en planches, par un seul passage de scie armée, selon la dimension du bloc, de six à huit lames. Il n'y a que les pièces d'une force exceptionnelle qui se débitent par deux cadres suivant l'un derrière l'autre, ce qu'on appelle coupe carrée (*fyrskärning*). La première *fyrskärning scie* a, d'après l'épaisseur du bloc, sept à dix lames; la seconde, seulement trois à quatre, puisque la tâche de celle-ci consiste uniquement à donner, après qu'on les a tournés à plat, la largeur normale aux madriers sortant trop larges du premier cadre.

Les dimensions des sciages sont souvent dictées d'après des considérations commerciales. Toutefois, la majeure partie des madriers et des planches provenant d'arbres de 0,30 *m* de diamètre sont débités en pièces alignées rectangulaires (par un second sciage que nous indiquerons plus loin), d'une mesure uniforme pour chaque région. Il va sans dire que, dans l'un ou l'autre cas, on opère de manière à obtenir le cube le plus considérable possible. Il est de règle de couper les madriers dans le milieu de la bille et les planches sur les côtés; il y a pourtant des exceptions.

Beaucoup de billes arrivent à la scierie avec des fissures et même des fentes longitudinales dans leur milieu; celles-là, le *sagard* suédois doit avoir l'adresse de savoir les placer, sans perte de temps, devant la scie de telle façon que la lame du milieu porte juste dans la fente du bois à couper.

Les scies sont fixées verticalement dans des cadres en fer ou mieux en acier. Le diamètre de l'arbre de couche, également en acier, est de 0,110 *m*; celui des tambours pour les courroies de transmission de 1,192 *m* sur 0,208 *m* de largeur. Quand l'arbre fait 200 à 210 tours à la minute, ce qui fait une force de dix-huit chevaux vapeur, les lames avancent de 1,19 *m* à 1,48 *m* également par minute, en coupant une bille de 6,30 *m* en quatre minutes. Dès lors on peut compter, comme travail réalisé dans les vingt-quatre heures, le sciage de 200 billes d'une longueur moyenne de 6,30 *m* sur un diamètre moyen de 0,28 *m*. On a donc :

	h. m.
1° Durée du sciage de 200 billes (à 4 minutes). . .	13,20
2° Agencement des blocs sur le chariot de la scie. .	4,40
3° Défaire et faire les piles.	3 »
4° Affûtage des lames et repos.	3 »
TOTAL pour 200 balles. . .	24 »

Après ce premier sciage, les planches et les madriers dont les bords ont des flaches ou fausses arêtes passent à un autre mécanisme, dit

kantverken, pour être alignés et dressés sur les bords par un second sciage avec des lames circulaires, fixant la largeur définitive à donner à chaque pièce.

Pour les transactions commerciales en matière de bois d'œuvre à exporter des ports d'embarquement de la Suède septentrionale : Geflé, Söderhamm, Sundsvall, Hernösand, on a adopté pour unité d'évaluation le standard de Saint-Pétersbourg, contenant 169 pieds cubes anglais, soit à peu près 4,62 m^3. Le prix moyen du standard de bois d'œuvre rendu à bord étant de 200 *f*, le mètre cube revient donc à un peu moins de 45 *f*.

Une annexe importante de toutes les scieries du Nortland, en général, sont les chantiers charbonniers, dont quelques-uns atteignent des proportions colossales. Le déchet provenant du sciage de mille blocs de bois donne en moyenne 94 m^3 de charbon et 139 m^3 de sciure non comprimée. A Ljusne-Sagverk, on fait de 20 à 30 meules de charbon d'un diamètre minimum de 10 *m* et hautes de 3,50 *m*. En outre, il y a 16 fours à charbon dont chacun a environ 40 m^3 de base circulaire. Ces meules sont faites comme celles de nos charbonnières en France. Les meules des scieries hydrauliques n'en diffèrent que parce qu'on les couvre avec de la sciure fortement battue au lieu de les couvrir avec de la terre.

Quant aux fours, ils sont destinés à la carbonisation des déchets trop menus pour pouvoir former des meules.

En résumé, les efforts déployés pour l'exploitation commerciale des bois de construction de la Suède septentrionale mettent en relief une population de forte trempe, vivant sous un ciel rigoureux et luttant avec des conditions d'existence fort difficiles, population qui, néanmoins, a réussi à livrer au commerce du monde des richesses réputées longtemps inaccessibles et qui, par une activité opiniâtre, a su se procurer un certain bien-être et parfois même la fortune.

Cependant il est à souhaiter que les efforts collectifs qui ont su créer des établissements si importants ne conduisent pas à une action imprévoyante, en détruisant les belles forêts encore existantes dans le nord de la Suède. Sous une telle latitude le déboisement aurait les conséquences les plus funestes pour le pays et pour ses habitants.

Coups de feu aux chaudières à vapeur *(suite et fin)*. — La troisième partie du rapport de M. Hirsch est consacrée spécialement à l'étude de l'influence des enduits gras. On sait que, depuis quelques années, on a été amené à attribuer à la présence de corps gras dans les chaudières la cause de coups de feu difficiles à expliquer.

On a, pour élucider cette question, recouvert la paroi chauffée d'un enduit, d'épaisseur insensible, de corps gras. Les résultats obtenus sont des plus intéressants.

On a constaté, tout d'abord, que la tôle prend extérieurement des températures notablement plus élevées que lorsque l'eau mouille le fond de la chaudière ; mais, si on pousse le feu plus activement, on constate des phénomènes particuliers.

L'écart de température s'élève considérablement ; pour une vaporisation de 150 *kg*, il est de 50 degrés, et, pour une de 250 *kg*, la température de la face extérieure de la tôle devient supérieure de 200 degrés à

celle de l'eau ; il se produit une surchauffe qui peut devenir dangereuse. Dans d'autres cas, on a constaté, même avec des vaporisations modérées, 170 *kg*, des températures de la tôle supérieure à la fusion du zinc, soit 450 degrés.

On a, pour rechercher la cause de ces différences, opéré simplement avec des casseroles étamées chauffées directement. On a constaté qu'avec un enduit gras la paroi de la casserole pleine d'eau devenait rouge, même avec un feu modéré dans certains cas, et on a été amené à conclure que c'était la nature du corps gras qui modifiait l'aspect des phénomènes.

Les expériences ont porté sur diverses espèces de corps gras. Voici les résultats sommaires :

L'oléonaphte en enduit de très faible épaisseur ne produit pas d'effet ; au contraire, il amène le coup de feu s'il a été préalablement décomposé par la chaleur. De même un chiffon imbibé d'oléonaphte et maintenu appuyé sur le fond produit le coup de feu très facilement.

L'huile de lin, même en enduit à peine perceptible, amène le coup de feu avec la plus extrême facilité, même avec des vaporisations de 100 à 120 *kg*.

Il en est de même pour le *mastic de minium*. Une boulette de mastic, écrasée sur le fond de la casserole, permet à celui-ci de rougir même avec un feu modéré.

L'*huile de colza* produit le coup de feu, mais moins facilement que l'huile de lin.

La *valvoline* ne donne le coup de feu qu'avec des vaporisations extrêmement intenses, 350 *kg*.

L'*axonge* donne le coup de feu, même mélangée avec une notable quantité de plombagine. Si la plombagine est en très grand excès, le métal ne rougit plus sous l'eau.

Le *goudron*, appliqué sur une surface étamée ou décapée, se détache dès que l'eau entre en ébullition. Sur une surface oxydée, il reste plus ou moins adhérent, mais ne donne pas de coup de feu.

Il nous paraît utile de reproduire les conclusions du remarquable travail de M. Hirsch :

1° Une tôle saine et continue, bien mouillée par l'eau de la chaudière, même exposée à un feu violent, ne prend, en aucun de ces points, une température assez élevée pour que sa résistance soit sensiblement altérée ;

2° La viscosité de l'eau, même lorsqu'elle est portée à un degré assez élevé, n'empêche pas la tôle d'être mouillée et ne diminue pas le pouvoir réfrigérant du liquide ;

3° La transmission de la chaleur est plus ou moins gênée par la doublure des tôles ; une rivure, moins bien faite, ne doit pas être exposée à un feu trop violent ;

4° Une paille dans l'épaisseur d'une tôle ou un défaut de contact intime entre les deux tôles d'une clouure, dans les parties du générateur exposées à un feu un peu intense, constituent une cause grave d'accident ;

5° Le contact d'une maçonnerie réfractaire, même portée à une température élevée, ne présente pas de danger, si la tôle est continue et bien mouillée ;

6° Tout enduit gras déposé sur la paroi interne de la tôle, gène fortement la transmission de la chaleur ;

7° Lorsque l'enduit gras est constitué par un corps susceptible de se décomposer par la chaleur, le coup de feu est particulièrement à redouter. Les corps gras organiques, huiles de lin, de colza, etc., semblent, à cet égard, beaucoup plus dangereux que les corps gras minéraux.

Enfin, comme dernière conséquence, on peut déduire de ces expériences qu'une chaudière, bien établie, bien tenue, propre et convenablement pleine, ne court pas le risque d'être brûlée, même avec un feu vif ; que, d'autre part, lorsque le feu est ardent, il est nécessaire de prendre des précautions sévères et notamment d'éloigner avec soin tout ce qui pourrait gêner la transmission de la chaleur, soit dans l'épaisseur du métal, soit entre le métal et l'eau.

Fabrication du coke en Amérique. — D'après un article de l'*Iron Age*, un des endroits où la fabrication du coke est concentrée de la manière la plus remarquable, est la région de Connesville, longue et étroite bande de terrain, limitée au nord par Latrobe, en Pensylvanie et au sud par Morgantown, dans la Virginie occidentale, sur une longueur de 80 *km* et une largeur variant de 1 1/2 à 8 *km*. La superficie peut être évaluée à 250 km^2.

On exploite du charbon qui est consacré presque entièrement à la fabrication du coke, laquelle est évaluée à 5 millions de tonnes par an. Il y a 75 installations occupant ensemble 13 047 fours ; la plus petite usine, celle de Great Bluff, compte 16 fours, et la plus grande, celle de Standard, 707.

La configuration du terrain fait qu'on n'a que rarement besoin de faire l'extraction par puits ; ceux-ci ne sont qu'au nombre de 12, dont la profondeur varie de 15 *m* à 160 *m*.

La puissance des couches est en moyenne de 2,50 *m* avec un peu de variation. On calcule qu'il y a 375 000 *bushels* de charbon par acre de terre, mais qu'on pourra seulement en extraire 300 000, ce qui fait prévoir un épuisement total dans quarante ans.

Les fours ont en moyenne 3,60 *m* de diamètre, ils reçoivent de 110 à 140 bushels et donnent de 3 à 4 *t* de coke par 48 heures, excepté ceux qui sont chargés le vendredi qu'on laisse cuire jusqu'au lundi matin. Le coke extrait dans ce dernier cas est recherché par la fonderie. Le charbon est amené aux fours par des wagons en fer contenant de 120 à 190 bushels, traînés généralement par des mules depuis le carreau de la mine, quelquefois cependant, dans les grands établissements, par de petites locomotives.

Le transport du coke emploie environ 8 000 wagons de chemins de fer et les sommes payées annuellement pour le transport de ce coke à Pittsburg, où on le consomme à peu près entièrement, s'élèvent à 20 millions de francs, à raison de 4 *f* la tonne.

Ponts métalliques aux États-Unis. — On a souvent taxé d'exagération les renseignements donnés sur les conditions d'infériorité qui se rencontrent généralement dans la construction des ponts-routes aux Etats-

Unis. Une communication récente de M. J.-A. Waddell au Club des Ingénieurs de Kansas City, résumée dans le *Journal of the Association of Enginering Societies*, donne d'intéressants détails sur l'état réel de cette question.

Dans la discussion qui a suivi cette communication, l'opinion unanime a été qu'il était urgent de modifier la situation et que les accidents qui se produisent si fréquemment sont dus, en très grande partie, au système dans lequel les travaux sont étudiés et adjugés.

Dans l'état de Missouri, par exemple, la construction d'un pont-route est, d'après la législation en vigueur, adjugée au rabais; la partie pour laquelle le travail est exécuté est représentée par certaines autorités qui n'ont aucune compétence dans la question et qui, comme règle générale, ne sont assistées d'aucun conseil technique.

Les dangers d'un pareil système et les difficultés auxquelles conduisent les intérêts opposés des parties adverses sont faciles à imaginer, et l'insuffisance des garanties qui peuvent être obtenues est mise en évidence par les accidents continuels (on enregistre au moins une chute de pont par mois aux États-Unis), et cela d'autant plus qu'il parait prouvé que les ouvrages métalliques construits récemment dans l'Ouest sont moins sûrs que ceux qu'on a établis quelques années auparavant.

Sous l'impulsion de la concurrence, excitée des deux côtés, la qualité des ouvrages s'est graduellement abaissée. On calcule les pièces pour réaliser le poids minimum aux dépens de la résistance; les parties accessoires qui ne jouent pas de rôle dans les calculs principaux de résistance sont sacrifiées et, quand le projet est adopté tel quel sur le vu d'un dessin d'ensemble, on gratte encore sur les parties moins en vue de la construction.

Pour remédier à ces inconvénients, le mémoire suggère les remèdes suivants, entre lesquels on peut choisir :

1° Le contrôle de l'État;

2° L'organisation d'un syndicat de constructeurs de ponts pour l'adoption de cahiers des charges types;

3° Le choix d'un ingénieur compétent pour examiner les projets et surveiller l'exécution;

4° La confection des projets par un ingénieur compétent.

L'auteur examine particulièrement la seconde solution et donne un certain nombre de cahiers des charges préparés en vue des cas qui se présentent le plus généralement dans la pratique. Les points principaux se réfèrent aux conditions matérielles de l'établissement des ponts, dont la plus importante est celle de la charge mobile à supporter. A cet effet, les ponts-routes sont divisés en quatre classes, suivant les localités et la nature du trafic.

Les charges par mètre carré de tablier varient de 300 à 500 *kg*, tandis que les charges sur chaque poutre ne descendent jamais au-dessous d'un certain chiffre qui varie de 1 200 à 2 600 *kg* par mètre courant. Il y a également certaines limites des charges concentrées telles que celles des roues des véhicules qui sont indiquées.

Il est également question du travail du métal, c'est-à-dire de la résistance par unité de section, établie non d'après une formule générale,

mais d'après une classification comportant les types de construction les plus employés aux États-Unis.

La discussion a indiqué une approbation générale de ces cahiers des charges, sauf pour quelques détails; mais elle a porté principalement sur la question plus large des moyens à employer pour obtenir une garantie suffisante de sécurité pour les ponts-routes. On a admis que les autorités auxquelles est dévolu le soin de faire construire ces ouvrages n'ont actuellement aucun moyen d'obtenir cette garantie, car il est certain qu'elles se contenteraient très bien du facteur deux, si on leur expliquait que cela veut dire que le pont peut supporter le double de la plus grande charge qu'il est susceptible de recevoir.

La réunion n'a pas semblé goûter beaucoup la proposition d'un syndicat de constructeurs; elle a paru préférer le contrôle de l'État ou l'ingénieur compétent. En tout cas, on a été d'accord qu'il y avait urgence à faire quelque chose pour sortir de la situation actuelle. Il est bon de signaler ici une observation bien américaine. Quelques membres ont fait remarquer que la question de danger était en quelque sorte relative; par exemple, dans certaines localités pauvres de l'Ouest, il s'agit d'avoir un pont à bon marché ou de ne pas en avoir du tout. Dans ce cas, on peut tolérer dans une certaine mesure le danger d'une construction de médiocre solidité, puisqu'avant on avait le danger de passer la rivière à gué.

Une autre observation, plus sérieuse celle-là, a été la convenance qu'il y aurait à étendre les mesures qui seraient prises, quelles qu'elles fussent, à la construction et à la surveillance des ponts de chemins de fer qui, eux aussi, laissent parfois par trop à désirer. Lorsque cette surveillance existe, elle est, dans certains cas, bien peu efficace. On a rappelé à ce sujet que le pont d'Ashtabula était périodiquement inspecté et que le rapport du surveillant se terminait invariablement par la mention : « tout va bien », jusqu'au moment où la chute du pont se produisit dans des conditions telles qu'un surveillant plus compétent n'eût pas manqué d'affirmer que, depuis longtemps, tout allait mal.

Découverte du gaz naturel aux États-Unis.— Le gaz naturel fut découvert pour la première fois aux États-Unis en **1815**, en faisant un sondage dans un endroit qui se trouve actuellement dans les limites de la ville de Charleston, dans la Caroline du Sud. On n'en fit alors aucune application.

Peu après, en **1821**, on découvrit le gaz sortant d'une source à Fredonia, localité située dans l'État de New-York. Cette découverte eut lieu dans des circonstances singulières. Une femme eut besoin d'aller chercher de l'eau à la source assez tard dans la soirée; elle prit une lanterne et un seau et posa la lanterne à terre pour remplir son seau. Le gaz s'enflamma et la femme, épouvantée, s'enfuit en toute hâte en abandonnant ses ustensiles.

On eut l'idée d'utiliser le dégagement de gaz naturel; on surmonta la source d'une cloche en cuivre avec une conduite aboutissant à la ville, où l'on se servit du gaz pour l'éclairage d'un moulin et de quelques boutiques. Ce fut la première application faite aux États-Unis.

Quand, en **1824**, le général Lafayette traversa la localité, l'hôtel appelé ***Taylor House*** eut sa façade illuminée au gaz naturel en l'honneur du grand personnage.

Il est à remarquer que cette source produit toujours et que la ville de Fredonia n'a jamais cessé, depuis **1824**, de se servir du gaz naturel pour son éclairage.

Décomposition du sel marin par l'électrolyse. — Les extraits de mémoires étrangers publiés dans les bulletins de l'*Institution of Civil Engineers* contiennent une note de M. N. Beeketoff, relative à l'intérêt que présente en Russie la décomposition du sel marin par l'électrolyse pour la production du sodium et du chlore.

L'auteur traite surtout la question au point de vue théorique, pour appeler sur elle l'attention des praticiens.

La chaleur développée par la combinaison du chlore avec le sodium étant de 96.7 calories, la force électromotrice nécessaire pour la décomposition du sel est de 4,5 volts. La conductibilité du sel marin fondu est de 8660, celle du mercure étant de 100 à 150 millions et celle de l'argent de 100 millions ; on suppose la température du sel en fusion de 500° centigrades.

Le nombre d'ampères nécessaires pour la décomposition de 50 pouds de sel, soit 829 *kg*, donnant 332 *kg* de sodium métallique et 497 *kg* de chlore, est de 16 000 par 24 heures. Avec une tension de 5 volts, on a un travail de 120 chevaux environ. Si on admet que ces 120 chevaux dépenseront 2 *kg* de combustible par heure, c'est 5 760 *kg* par 24 heures. La fusion du sel demandera 660 *kg*, soit, avec le combustible pour la force motrice, un poids total de 6 500 *kg* en nombres ronds. A 9,50 *f* la tonne, c'est une dépense de 61,75 *f* par jour. A 18,75 *f* la tonne, le sel coûtera 15,60 *f*, total 77,35 *f* pour la production de 332 *kg* de sodium et de 497 *kg* de chlore. Même en admettant les aléas les plus larges, la valeur des produits laisse une marge considérable pour les profits.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1889

Rapport de M. Édouard Simon sur les **débrayeurs électriques** de M. Radiguet.

Ces débrayeurs électriques sont appliqués au désembrayage des machines employées dans les industries textiles, et notamment des métiers de bonneterie.

Leur effet est de fermer le circuit dès qu'il se produit un accident, tel que rupture ou épuisement des fils, aiguilles cassées ou simplement faussées, etc. Cette fermeture du circuit détermine le fonctionnement instantané et sans choc du débrayage.

L'arrêt obtenu, le courant est de nouveau intercepté, de sorte que la dépense d'électricité se trouve limitée au temps strictement utile. Il est à remarquer, de plus, que chaque appareil est *isolé* du bâti de la machine et relié d'une façon constante avec l'un des pôles par un fil conducteur, puis, d'une façon intermittente (lors d'un accident) avec un second fil ou fil de retour. Les appareils agissent sur le métier dont ils dépendent sans influencer les voisins, puisqu'il n'existe entre ces métiers aucune communication électrique.

Les applications de ces débrayeurs dépassent actuellement le chiffre de 8 000.

Rapport de M. Biner sur l'**appareil** de M. Jouanny dit **recueil-poussières.**

Cet appareil consiste en une cloche hémisphérique plongeant dans une cuve pleine d'eau et au sommet de laquelle aboutit un large tuyau qui amène l'air chargé de poussières amené par un ventilateur. A trois centimètres au-dessus de son bord inférieur, la paroi de la cloche est percée de trous ronds de 0,006 *m*. C'est par ces trous que l'air s'échappe en traversant une couche d'eau. Les poussières restent dans l'eau ou sur l'eau, suivant leur densité.

Certaines poussières qui échapperaient à l'eau seule sont complètement retenues si l'on a soin de verser dans la cuve un peu d'huile minérale, qui forme une couche au-dessus de l'eau.

Rapport de M. DE LUYNES sur le **système d'impression multicolore** de M. E. REUILLÉ.

Jusqu'ici, dans les impressions en couleurs, on appliquait les couleurs différentes les unes après les autres, de sorte que le motif obtenu se composait de la superposition ou de la juxtaposition de teintes plates diversement nuancées. Dans le procédé qui fait l'objet du rapport, au contraire, l'ensemble des couleurs composant le motif est déposé d'un seul coup sur le tissu, le papier ou le métal. On obtient ce résultat au moyen de fils de coton un peu épais de 0,08 à 0,10 *m* de longueur qu'on enrobe de gélatine ou de gutta-percha, en laissant les extrémités sans enduit. Ces fils, ainsi préparés, sont réunis en faisceaux dont la section représente celle du motif à imprimer en une seule couleur.

Les faisceaux sont ensuite collés ensemble et le tout encastré dans une planche de bois ; l'extrémité des fils est coupée d'un côté presque à ras du bois, tandis qu'ils dépassent de l'autre côté. De ce côté, à chaque faisceau représentant une couleur, on adapte des tubes en caoutchouc communiquant chacun avec un réservoir à couleur. La capillarité amène la couleur jusqu'à l'extrémité des fils. On conçoit qu'on puisse constituer ainsi une planche à imprimer.

Recherches sur la **Culture de la pomme de terre industrielle**, par M. Aimé GIRARD.

Fabrication de la magnésie, à San Francisco, par M. G. GUTZKOW. (Extrait du *Dingler polytechnische Journal.)*

La magnésie destinée à la préparation de composés nitro-glycérinés est préparée avec les résidus magnésiens résultant de l'extraction du sel de l'eau de mer. La magnésie est précipitée par un lait de chaux, puis on carbonate l'hydrate de magnésie par l'acide carbonique gazeux provenant de la combustion du coke brûlé sous les chaudières à vapeur. Le carbonate est ensuite évaporé à sec après filtration.

Le prix de revient de la magnésie ainsi obtenue est 4 1/2 cents par livre, ce qui fait 0,516 *f* par kilogramme. Le prix de vente varie de 0,90 à 1 *f*.

Le pont du Forth, par M. B. BAKER. (Extrait du *Journal of the Society of Arts.)*

Dépôts de pétrole dans le Vénézuela. (Extrait du *Journal of the Society of Arts.)*

Influence de l'aluminium sur la fonte. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MARS 1889

Touage dans le canal maritime de Corinthe, par M. A. SAINT-YVES, inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées.

Cette note est un résumé d'un rapport remis à la Société du canal de Corinthe, relativement à l'organisation d'un service de touage sur ce canal.

La première partie comprend l'examen des systèmes de remorquage et touage employés jusqu'ici : halage par locomotives, touage sur chaine, touage à câbles, et entre dans l'étude des détails des toueurs et de leurs appareils principaux.

Une autre partie est consacrée à l'étude de la résistance à la traction des bateaux dans les canaux à section réduite et à la discussion de quelques expériences. C'est de cette discussion que l'auteur conclut à la nécessité de l'établissement d'un service de touage pour faire transiter rapidement les navires dans le canal de Corinthe.

Note sur les **Prix de revient des transports par chemins de fer,** par M. C. BAUM, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note est une réponse à un mémoire de M. Tavernier, ingénieur des Ponts et Chaussées publié dans les *Annales* d'avril 1888 (voir Comptes rendus de juin 1888, page 805) sur l'exploitation locale des grandes Compagnies.

Dans ce mémoire, l'auteur disait s'être posé le problème de réfuter certaines théories qui tendraient à prouver que, d'une manière générale, l'exploitation locale des grands réseaux n'est pas rémunératrice, M. Baum conteste les conclusions que M. Tavernier a cru pouvoir tirer de ses deux mémoires (de lui M. Baum) sur la question, mémoires insérés dans les *Annales* (1875, 2e semestre et 1883, 2e semestre).

Note sur la **Construction des ponts métalliques en Amérique,** par M. LE ROND, ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur rappelle que les ponts américains peuvent être ramenés à quatre types principaux :

1° Les ponts à poutres droites discontinues ;
2° Les ponts suspendus ;
3° Les ponts en arc;
4° Les ponts cantilevers.

La première catégorie comprend une foule de variantes et constitue la majeure partie des ponts construits en Amérique. L'articulation en est le caractère essentiel.

Malgré les nombreux spécimens de ponts suspendus qu'on rencontre aux États-Unis et leur remarquable construction, on peut dire que leur ère semble terminée, surtout depuis l'apparition du système cantilever.

Les ponts en arc sont très peu employés ; enfin le système cantilever paraît résoudre définitivement et économiquement le problème des grandes portées.

L'auteur pose comme conclusion les principes suivants, relativement à la supériorité des procédés américains de construction des ponts métalliques sur les procédés en usage en Europe.

1° Dans les ponts américains, les efforts sont définis plus exactement, et la connaissance de ces efforts est absolument rigoureuse.

2° La construction des ouvrages est beaucoup plus simple et plus rapide.

3° Le système cantilever permet de franchir les plus grandes portées à une hauteur quelconque et avec une très grande rapidité sans avoir à craindre les accidents toujours possibles avec le lançage.

4° Les divers systèmes américains réalisent sur les poids une économie de 10 à 30 0/0 et une plus grande encore sur la main-d'œuvre.

L'auteur estime que ces avantages ne sont compensés par aucune infériorité sous le rapport de la rigidité, du travail imposé au métal, ou de l'entretien. Il se réserve de justifier cette opinion dans une note ultérieure.

Note sur **l'Explosion d'une chaudière à vapeur,** dans une scierie, à Aulnois.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des mines*. (Voir comptes rendus de mai, page 883.)

Bulletin des **Accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur,** en 1887.

Ce bulletin a déjà paru dans les *Annales des mines* (Voir Comptes rendus de mai, page 883.)

Note sur **le Canal de l'Obi à l'Ienissei (Sibérie),** par M. B. DE MAS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il suffit, pour mettre en communication les cours d'eau du versant de l'Obi et ceux du versant de l'Iénisséi, de faire une tranchée de 7,5 *km*, dont la profondeur ne dépasse pas 5,35 *m*. Il y aura ensuite à canaliser les divers affluents pour les mettre en état de recevoir les bateaux. Ces travaux sont en cours d'exécution. Les difficultés sont très grandes parce que la voie de jonction traverse un pays entièrement inhabité, mais les résultats seraient magnifiques, car on créerait ainsi une voie navigable sur un parcours de près de 6 000 *km* et on substituerait à des transports d'un prix exorbitant une communication économique. Le thé seul entrant en Sibérie par Kiatcha représente 16 000 *t* par an, dont le transport coûte actuellement 450 *f* la tonne.

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 1er juin 1889.

Congrès international des accidents du travail. Organisation et programme.

Congrès international d'hygiène et de démographie.

Communication de M. CLERC sur le **Dosage du silicium** dans les ferro-siliciums et les ferro-spiegels.

M. Thomas Drown a fait connaître aux États-Unis un procédé de dosage du silicium dont voici le principe. On traite le métal dans un creuset au rouge par le sulfate acide de potasse ; la masse fondue est dissoute dans l'eau bouillante et on filtre la silice dès que la dissolution est complète. Ce procédé est assez délicat. On emploie également la dissolution par l'acide azotique ou l'eau régale.

L'auteur préfère à ces procédés le suivant, qui est d'une exécution plus facile. On place un gramme de fonte pulvérisée dans un ballon et on verse dessus 15 à 20 cm^3 d'eau distillée, 8 à 10 de brome pur et 75 cm^3 d'acide chlorhydrique pur. La dissolution du fer et du manganèse est complète et il reste au fond du ballon un résidu composé de carbone et de silice. On filtre et on calcine, ce qui reste est la silice.

Ce procédé permet de faire un dosage en quatre heures. Un seul opérateur peut conduire six ou huit opérations en même temps. On obtient des résultats exacts à 1 ou 2 millièmes pour cent, ce qui est négligeable pour des alliages contenant jusqu'à 12 ou 14 0/0 de silicium.

Le même essai permet d'obtenir la proportion de manganèse, si on précipite, dans la liqueur filtrée, le fer et le manganèse par l'ammoniaque et l'eau bromée et si on applique ensuite la méthode de dosage décrite par M. Rollet.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE FÉVRIER-MARS 1889.

Note de M. GOERICH sur le **Travail de M. Dwelshauvers-Dery sur les régulateurs.**

Le travail dont il s'agit a été publié dans le bulletin de janvier de la

Société industrielle de Mulhouse. (Voir Comptes rendus de mai 1889, page 886.)

Exposé de la **Théorie expérimentale de Hirn** pour les machines à vapeur à un seul cylindre, par M. Dwelshauvers-Dery.

L'auteur rappelle que dans toute machine à vapeur il y a deux phénomènes principaux continus et simultanés : 1° un travail extérieur effectué par la chaleur aux dépens de l'énergie contenue dans la vapeur; 2° un échange de chaleur entre le métal et la vapeur, le flux allant de la vapeur au métal ou du métal à la vapeur selon les circonstances.

Le premier phénomène est celui qu'on a en vue comme résultat utile, et le second ne peut être qu'onéreux parce qu'il amène le passage direct de la chaudière au condenseur d'une partie souvent très considérable du calorique.

C'est ce dernier phénomène, l'échange de chaleur entre deux corps inégalement chauds, dont la constatation constitue la théorie pratique de M. Hirn, laquelle peut être résumée comme suit :

« Entre deux positions quelconques du piston, la quantité de chaleur qui a fait le travail extérieur et celle qui a été échangée entre le métal et la vapeur forment une somme égale à la différence entre les chaleurs internes de la vapeur dans ces positions, augmentée, s'il y a lieu, de la chaleur qu'on aurait introduite avec de la vapeur nouvelle, ou diminuée de celle qui serait sortie du cylindre, emportée avec une partie de la vapeur. »

M. Dwelshauvers-Dery développe cette théorie en y ajoutant une méthode qu'il a imaginée récemment pour représenter les quantités de chaleur échangées entre la vapeur et le métal, de la même manière qu'on représente celles qui font le travail extérieur.

Dans un diagramme d'indicateur, la quantité de chaleur qu'a coûté le travail extérieur effectué entre deux positions du piston est représentée par l'aire d'une surface rectangulaire, dont la base est égale au volume engendré par le piston entre les deux positions et dont la hauteur est la pression moyenne de la vapeur. On représente de même la quantité de chaleur échangée par l'aire d'un rectangle, dont la base est la même et dont la hauteur est déterminée par ce mode même de représentation. On opère pour cela sur un diagramme moyen, représentant aussi bien que possible la moyenne des diagrammes obtenus sur la machine.

L'auteur fait l'application de cette méthode à des essais faits à Londres par M. Willans sur une machine à un cylindre, à simple effet, marchant sans condensation à 408 tours et à 110 tours.

Note de M. Bryan-Donkin sur son **Appareil destiné à rendre visibles les phénomènes de condensation et d'évaporation** dans un cylindre à vapeur.

Cet appareil consiste en deux cylindres de verre de diamètres différents et concentriques, maintenus entre deux fonds métalliques solidement reliés. L'intervalle entre ces deux cylindres est plein d'air. Le tube intérieur est mis en communication avec le cylindre par un tuyau à robinet. Le tube intérieur se trouve ainsi faire, en quelque sorte, partie

intégrante du cylindre et les mêmes phénomènes s'y passent. On peut voir ainsi la condensation sur les parois pendant l'admission et la réévaporation pendant l'échappement.

Entre des vitesses de rotation de 150 et 20 révolutions par minute, il n'y a pas de différence perceptible à l'œil, tellement la condensation initiale et l'évaporation subséquente sont rapides.

Rapport de M. WALTHER-MEUNIER, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur sur les **Travaux exécutés sous sa direction** du 1er janvier au 31 décembre 1888.

En dehors de ce qui concerne le service normal de visite et de surveillance des appareils à vapeur, nous citerons quelques expériences spéciales sur des moteurs à vapeur : l'une sur une pompe à vapeur Tangye, dont la consommation a été trouvée de 40 *kg* environ de vapeur par heure et par cheval en eau montée; une autre sur une machine rotative, qui a été trouvée dépenser environ 100 *kg* de vapeur par cheval effectif et par heure, une grande partie de cette dépense étant attribuable aux fuites inévitables avec ce système.

Notice sur **l'Amidon et ses dérivés** de la fabrique A. Schumann, à Duttlenheim et Duppigheim, en Alsace, par M. CH. KOPP.

Ces usines comprennent une féculerie produisant par jour de 15 à 20 000 *kg* de fécule verte, et des ateliers où on prépare la dextrine blanche, la dextrine jaune, la fécule grillée et l'amidon de blé grillé. Dans une autre partie se trouve la fabrication des glucoses, maltoses, etc.

On fait une certaine quantité de produits nouveaux, dont quatre types d'amidon soluble désignés sous divers noms et ayant leur emploi dans les apprêts, l'impression, la confiserie et les applications où on se servait jusqu'ici de gomme arabique.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

N° 27. — *6 juillet 1889.*

Espaces nuisibles dans les machines à comprimer et à raréfier l'air, par R. Hauck *(suite)*.

Fermes de 110,60 *m* de portée de la galerie des machines de l'Exposition universelle de Paris, par Ruppenthal.

Cas importants dans la question des brevets d'invention, par J. von Schütz.

Exposition allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin, en 1889.

Ascenseurs de la Société de construction de machines de Berlin-Anhalt, à Moabit.

Groupe de Hanovre. — Cubilots. — Fabrication multiple des longerons de locomotives.

Variétés. — Industrie de l'acide carbonique.

Patentes.

N° 28. — *13 juillet 1889.*

Résistance propre des machines à vapeur, par R.-R. Werner.

Espaces nuisibles dans les machines à comprimer et à raréfier l'air, par R. Hauck *(fin)*.

Pompes d'épuisement de mines, par E. Frerichs.

Groupe de Hanovre. — L'Australie et l'Exposition universelle de Melbourne, 1888-1889.

Association des chemins de fer. — Capacité des wagons à marchandises.

Patentes.

Correspondance. — Collecteurs d'électricité. — Chauffage et ventilation.

Variétés. — Solidification du pétrole. — Turbine de 500 *m* de chute.

N° 29. — *20 juillet 1889.*

Ordre du jour de la 30e Assemblée générale de l'Association, à Carlsruhe, du 4 au 8 août 1889.

Fabrique de machines de Nagel et Kaemp, à Hambourg.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents à Berlin. — Les chaudières à vapeur et leurs accessoires, par R. Tschorn.

Forme convenable à donner aux obturateurs dans les régulateurs à gaz de Clegg et autres, par M. Niemann.

Groupe des Marches. — Installations centrales d'électricité pour l'éclairage des villes.

Patentes.

Correspondance. — Espaces nuisibles dans les machines à comprimer et à raréfier l'air. — Cuillères de sondage.

N° 30. — *27 juillet 1889.*

Ordre du jour de la 30e Assemblée générale de l'Association, à Carlsruhe, du 5 au 8 août 1889.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin, en 1889. — Les chaudières à vapeur et leurs accessoires, par B. Tschorn *(suite)*.

Instruction nécessaire à un chef d'atelier, par Th. Beckert.

Clapet de desserrage pour frein à air, par le Dr R. Proell.

Groupe de Wurtemberg. — Écoles moyennes techniques. — Brasserie Tivoli, à Stuttgart. — Distribution d'eau d'Ebingen.

Réunion générale des maîtres de forge allemands, à Cologne, le 30 juin 1889. — Nouveaux appareils de condensation. — Procédés pour l'épuration des eaux d'alimentation des chaudières à vapeur.

Patentes.

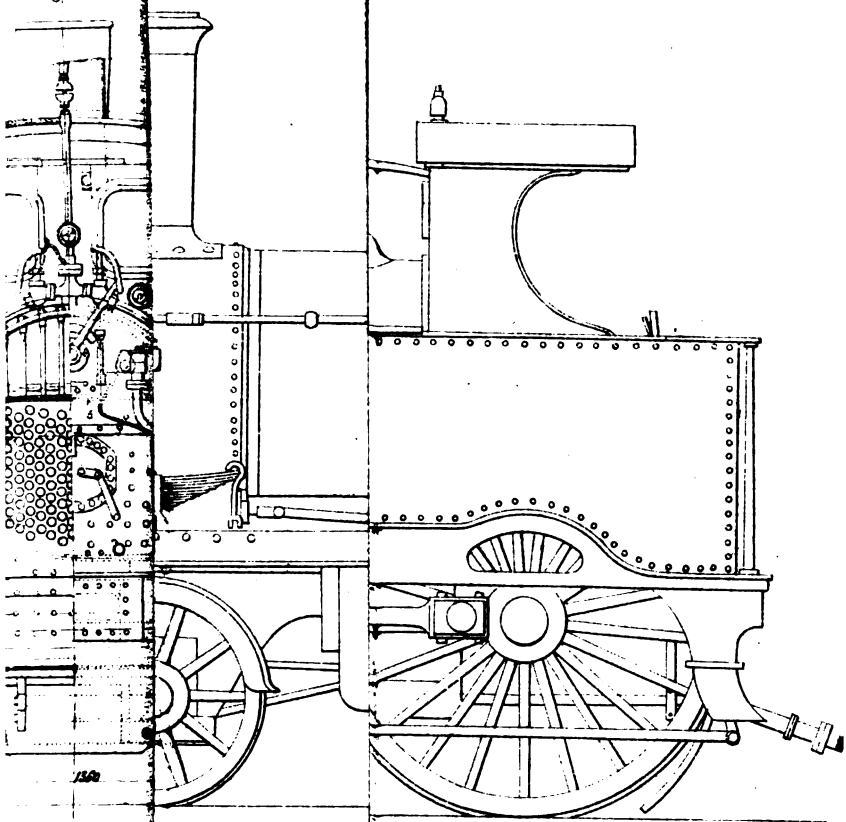
Bibliographie. — Élasticité et résistance, de C. Bach. — Recherches expérimentales sur l'électricité, par Faraday, traduction allemande de S. Kalischer.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 18678-9-9.

Fig. 2.



und pour tran

ns principales

hndres { Droite / Gauche

ns

es motrices

libres

érieur

ibre

e

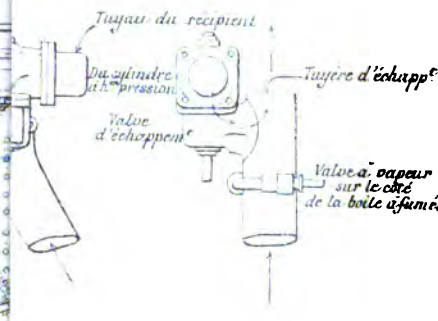
Ye totale

Auto. Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

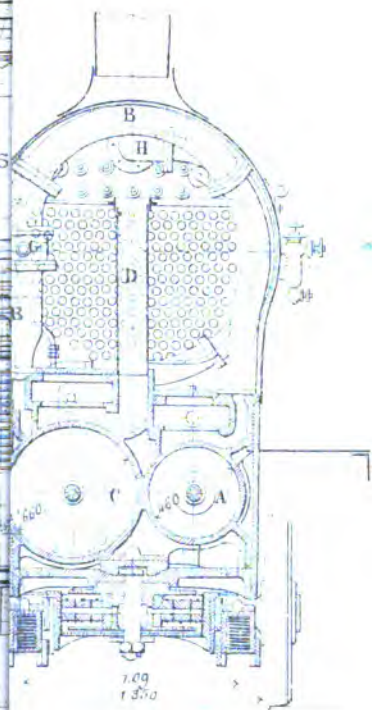
bb" Drea

gitudinale.

échappement du cylindre
ssion et valve à vapeur
re à basse pression
(Webb)

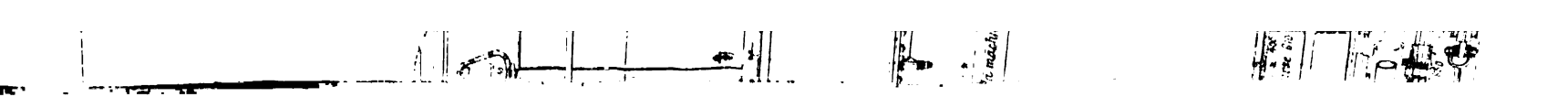


5. Coupe transversale
e la machine Worsdell



orizontales

G,G' Petit
H Gran
M,M' Tuya
N,N' Tuya
int
P Boîte
O Soup
S Robi
T Tuya
V,V' Parg



Pl. 218.

t dé

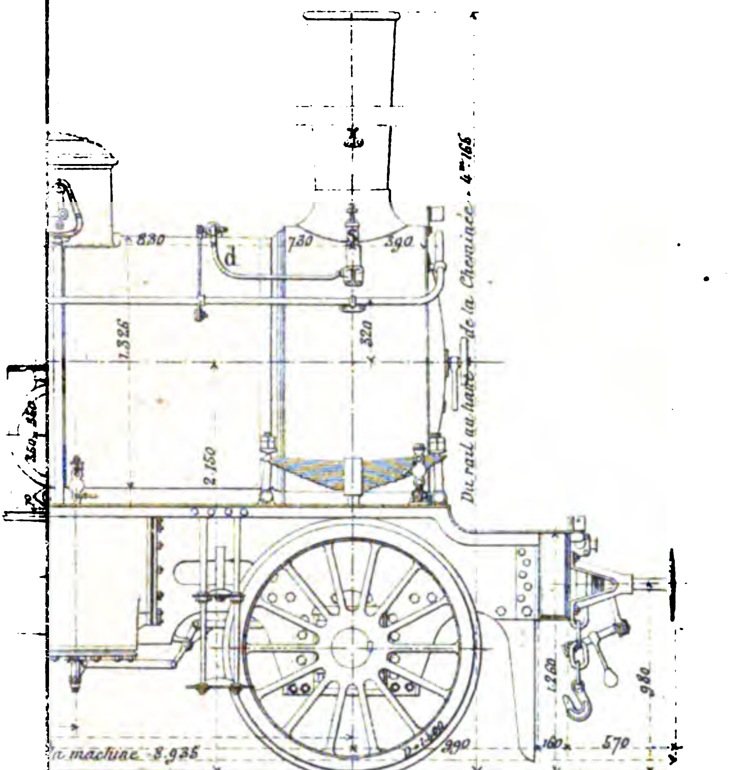
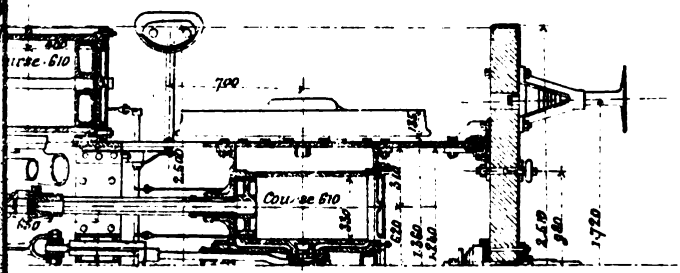
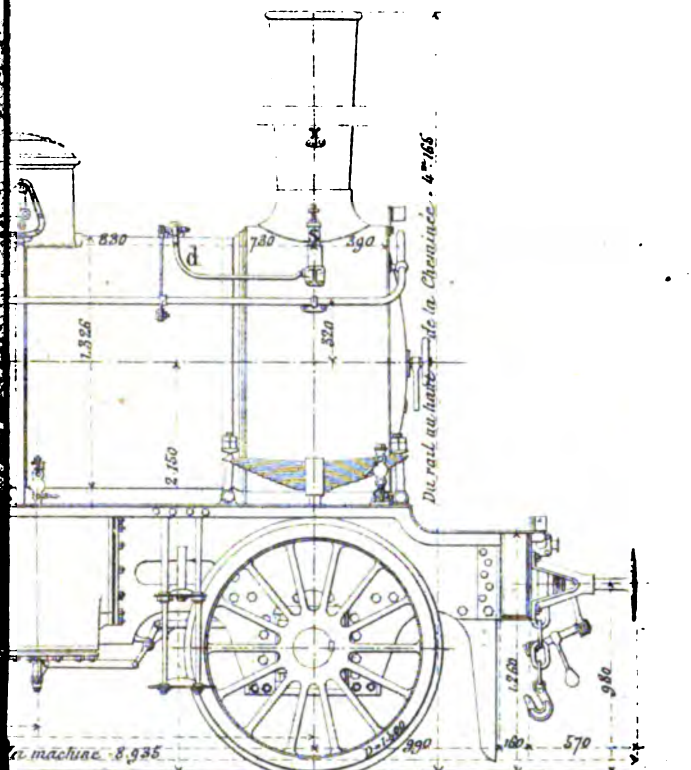


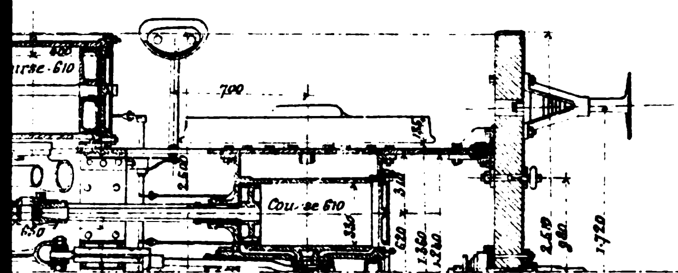
Fig
Rés
Fig
Fig
Col



t d

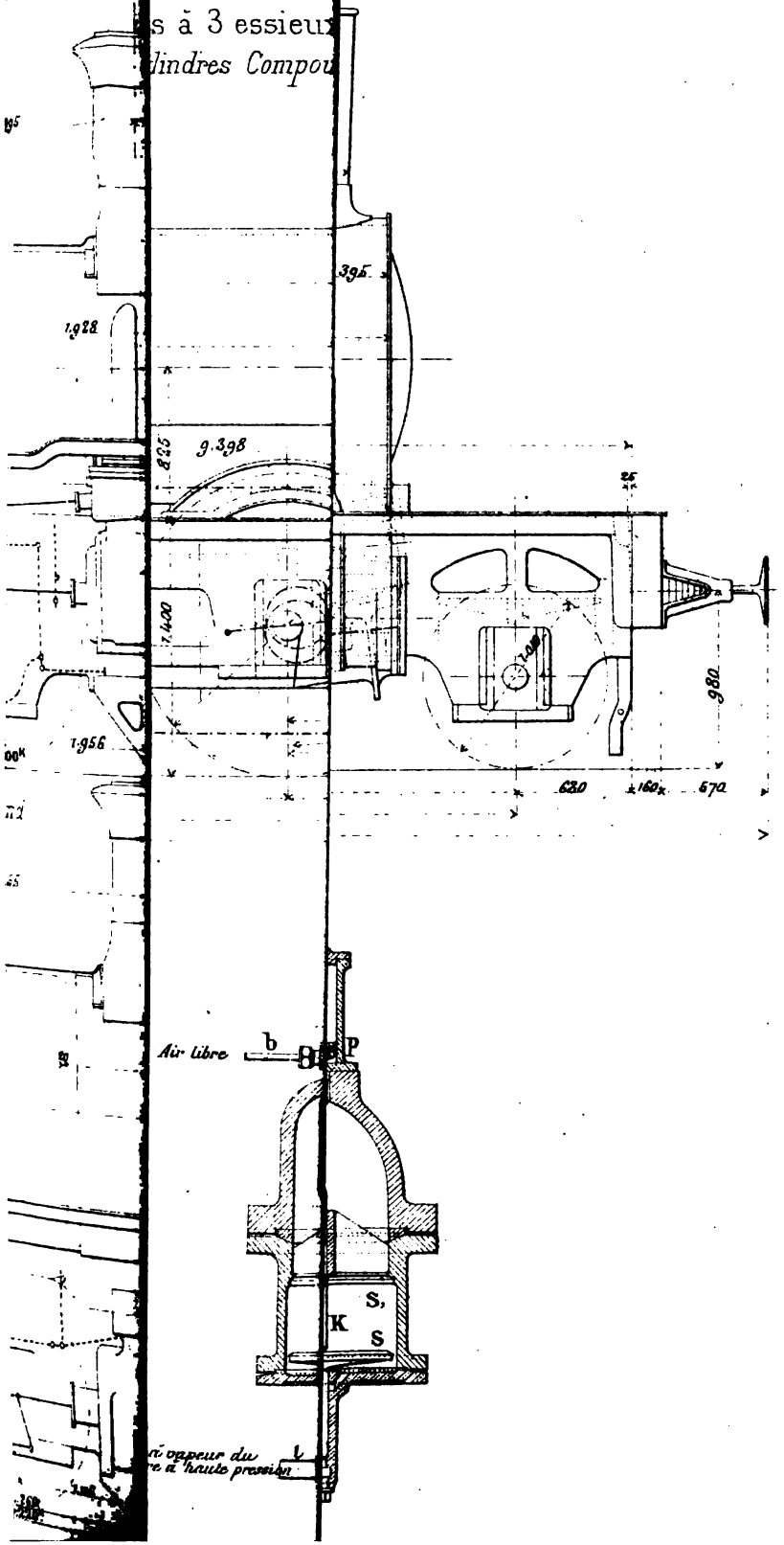

Du rail au haut de la Cheminée . 4m 165
830
780
390
d
1.326
320
2.150
machine 8.935
990
160
570
1.260
980

A
B
C
D
E


urse 610
700
Course 610
2.500
1.360
1.720

s à 3 essieux

lindres Compou



ompound
ogul)
ction de Wi

Fig. 34

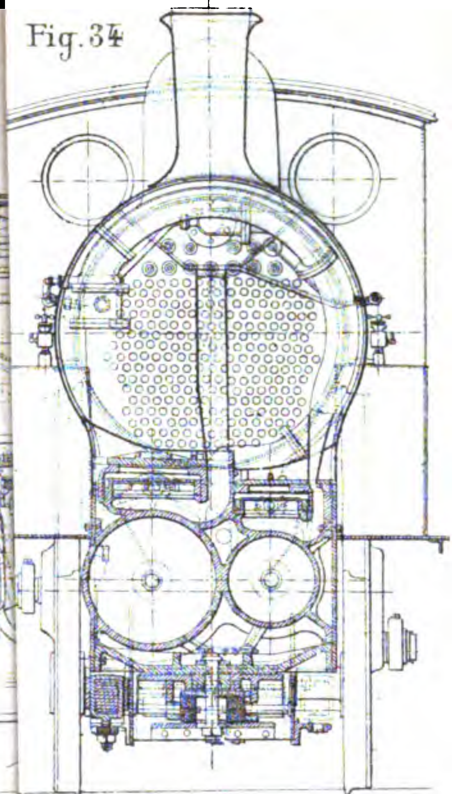


Fig. 33

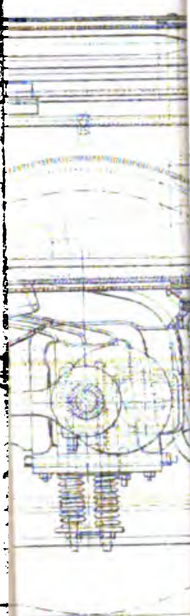
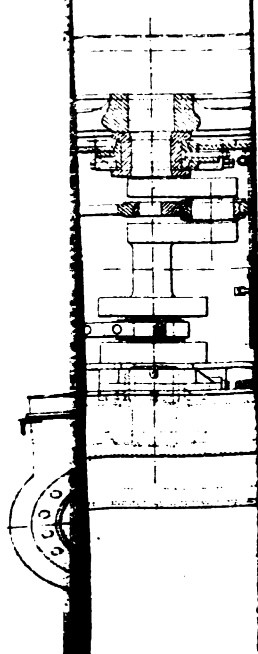


Fig. 35.



ive Compound express
rth-Eastern Railway.

pour rail Broca.

Fig. 38. Élévation transv^le de la voie.

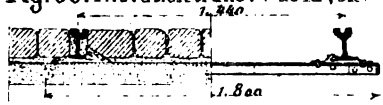


Fig. 39. Plan d'ensemble de pose.

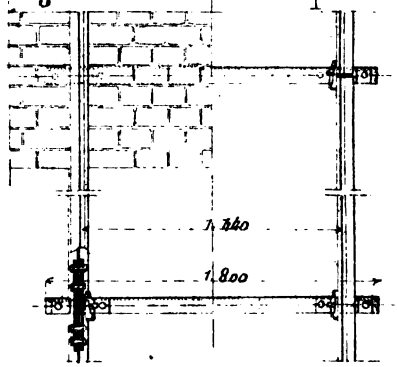


Fig. 42.
Coupe suiv^t CD.

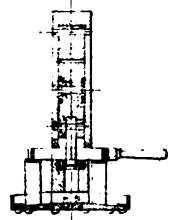


Fig. 47.
Cales

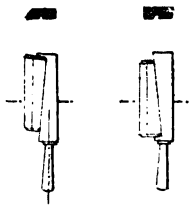


Fig. 45.
Coupe suiv^t IJ.

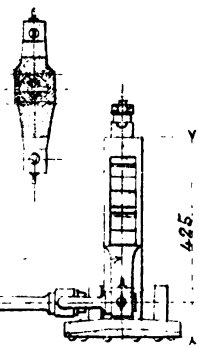


Fig. 48. Élévation

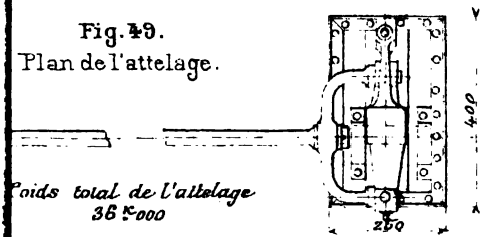


Fig. 49.
Plan de l'attelage.

Poids total de l'attelage
36^K000

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1889

N° 8

Sommaire de la séance du 2 août 1889.

1° *Nominations diverses* (Séance du 2 août, page 117).

2° *Emprunt de 75 000 francs* (abandon de titres provenant de l') (Séance du 2 août, page 117).

3° *Souscription* en faveur des familles des victimes de la catastrophe de Saint-Etienne, lettre de M. F. Reymond (Séance du 2 août, page 117).

4° *Eclairage électrique à l'Exposition*, lettre de M. H. Dumartin (Séance du 2 août, page 118).

5° *Chemin de fer glissant*, lettre de M. A. Barre (Séance du 2 août, page 118).

6° *Frein continu* (un nouveau système de), par M. S. Soulerin (Séance du 2 août, page 118).

7° *Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville* (analyse de l'ouvrage de M. L. Vigreux, intitulé), par M. Max de Nansouty (Séance du 2 août, page 121).

8° *Réceptions des Ingénieurs étrangers (Dates des)* (Séance du 2 août, page 123).

Pendant le mois d'août, la Société a reçu :

30940 — Du Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer première division. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1887*. Documents principaux. In-4° de 381 pages.

30941 — Une brochure : *Rade et port de Boulogne.* Inauguration de la digue Sud-Ouest et du large par M. Carnot, Président de la République, le 4 juin 1889. Paris, Quantin, 1889. Grand in-8° de 29 pages avec pl.

30942 — Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité. Exposition universelle de Paris, 1889. *Notice sur l'Usine d'éclairage électrique de l'Exposition.* Paris, Broise et Courtier, 1889. Grand in-8° de 8 pages avec pl.

30943 — De la même. *Notice sur l'Éclairage électrique des boulevards.* Paris, Broise et Courtier, 1889. Grand in-8° de 8 pages.

30944 — De M. Damey (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *(Notice sur les Machines et générateurs, balances dynanométriques).* (Système Damey.) Paris, Broise et Courtier, 1889. In-4° de 3 pages.

30945 — De M. Damey (M. de la S.). Exposition universelle de 1889. *Notice sur le bateau à vapeur « l'Excursionniste ».* (Système Damey.) Paris, Broise et Courtier, 1889. In-4° de 3 p.

30946 — De M. Beloin (M. de la S.), *A treatise on Machine tools, etc. as made by Wm Sellers C°.* Philadelphia, J. B. Lippincott 1877. In-8° de 275 pages.

30947 — De M. Beloin (M. de la S.), *Report made by chief Engineer B. F. Isherwood U. S. Nairy to the National Superheated Water Company on the Prall System of supplying heat for cooking heating and Steam Power.* New York, J. B. Lippincott, 1887. In-8° de 20 pages.

30948 — De M. Ventre Bey. *Le Sol égyptien analysé par la betterave.* (Bulletin de l'Institut égyptien, 1887.) Le Caire, J. Barbier, 1888. In-8° de 17 pages.

30949 — De M. Ventre Bey. *Note sur la Cristallisation des masses sucrées industrielles.* Le Caire, J. Barbier, 1889. In-8° de 10 pages.

30950 — De M. Ventre Bey. *Quelques Notes sur la fabrication du sucre et le traitement de la canne en Egypte.* Le Caire, J. Barbier 1889. In-8° de 23 pages.

30951 — De M. Ventre Bey. *Procédé aéro-polarimétrique pour le contrôle de la fabrication du sucre.* Le Caire, J. Barbier, 1889. In-8° de 33 pages.

30952 — De M. Ventre Bey. *De la densité du sucre.* (Bulletin de l'Institut égyptien, 1887.) Le Caire, J. Barbier, 1888. In-8° de 11 pages.

30953 — De M. Ventre Bey. *Application de la balance Raffard à l'étude et à la mesure du frottement.* (Bulletin de l'Institut égyptien, 1886.) Le Caire, J. Barbier, 1887. In-8° de 22 pages.

30954 — De M. Ventre Bey. *Quelques Recherches sur l'arc voltaïque et l'évaluation de la puissance lumineuse des foyers électriques à*

ares. (Bulletin de l'Institut égyptien, 1887.) Le Caire, J. Barbier, 1888. In-8° de 43 pages.

30955 — De M. Ventre Bey. *Mémoire sur le fonctionnement de la machine dynamo-électrique Brush, présenté à l'Institut égyptien, le 2 décembre 1887*, par M. Ventre Bey. Le Caire, J. Barbier. Grand in-8° de 33 pages aut.

30956 — De M. Boulé. Exposition universelle, 1889. *Congrès international de l'utilisation des eaux fluviales.* Le barrage de Suresnes et la canalisation de la Seine entre Paris et Rouen. Paris, Baudry et C^ie^, 1889. Grand in-8° de 35 pages.

30957 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *Note sur le pavillon d'hôpital temporaire de l'Union des Femmes de France.* (Revue d'hygiène, 1889.) Paris, G. Masson, 1889. In-8° de 12 pages.

30958 — De M. Madamet. *La Thermodynamique et ses applications aux machines à vapeur.* Paris, Bernard et C^ie^, 1889. Grand in-8° de 237 pages.

30959 — Du Ministère des Travaux publics. Ecole nationale des Ponts et Chaussées. *Atlas des Ports étrangers, 4^e^ livraison.* Plans généraux des ports. Atlas de 24 pl. Paris, Imprimerie nationale, 1888. In 4°.

30960 — De M. Demoulin. *Note sur la construction des locomotives en Angleterre.* (Portefeuille économique des machines de 1889.) Paris, Baudry et C^ie^, 1889. Grand in-8° de 21 pages avec pl.

30961 — De M. P. Pignant (M. de la S.). *Principes d'assainissement des habitations des villes et de la banlieue. Travaux divers d'assainissement. Épuration et utilisation agricole des eaux d'égout*, 2^e^ fascicule. Dijon, Darantière, 1889. Grand in-8°.

30962 — De M. Ch. Grisel (M. de la S.). Compagnie générale des Eaux pour l'étranger. *Notice sur la distribution des eaux de Bergame et Triviglio.* Paris, J. Semichon et C^ie^, 1889. In-4° de 10 pages avec pl.

30963 — Du même. Compagnie générale des Eaux pour l'étranger. *Notice sur la distribution des eaux de Venise.* Paris, J. Semichon et C^ie^, 1889. In-4° de 21 pages avec pl.

30964 — Du même. Compagnie générale des Eaux pour l'étranger. *Notice sur la distribution des eaux de la Spezia.* Paris, J. Semichon et C^ie^, 1889. In-4° de 8 pages avec pl.

30965 — De M. Guasco (M. de la S.) *Traité de Lithographie. Histoire, théorie, pratique.* Paris, Lorilleux et C^ie^, 1889. In-4° de 380 pages.

30966 — Du Ministère des Travaux publics. *Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine pen-*

dant l'année 1887. Versailles, E. Aubert, 1888. Grand in-8° de 62 pages.

30967 — Du même. *Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année 1887*, Versailles, E. Aubert, 1888. In-f° de 7 p.

30968 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Accouplement élastique des arbres de transmission. Vapeur sèche à de grandes distances de la chaudière. Fermeture magnétique des lampes de sûreté des mines*. Paris, Chaix, 1889. In-8° de 19 pages.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'août sont :

Comme membres sociétaires :

MM.	E. Bonvallet,	présenté par	MM. Carimantrand, Lévi et Morandière.
	E. Costey,	—	Courtier, Courtois et Lanier.
	R.-A. Etchats,	—	Carimantrand, Mallet et Périssé.
	H.-D. Woods,	—	Brüll, Moreau et de Dax.
	L.-F. Abbey,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.
	G. Sépulchre,	—	Périssé, A. Sépulchre et Mallet.

Comme membres associés :

MM.	L. Rouvière,	présenté par	MM. Reymond, de Nansouty et Brancher.
	A. Block,	—	Letort, Caen et de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1889

Séance du 2 Août 1889

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a la satisfaction d'annoncer les nominations suivantes :

MM. E. Collignon, E. Quenay et M. Schmidt ont été nommés officiers d'Académie, et M. E. Leverbe, chevalier de l'ordre du Christ de Portugal.

M. Ch. Prévet a été appelé aux fonctions de Président du Jury du Groupe VII de l'Exposition universelle.

M. LE PRÉSIDENT adresse, au nom de la Société, des remerciements à MM. P. Buquet, J. Charpentier, Ch. Herscher, S. Jordan, E. Lippmann, A. Mialane et N. Raffard, qui, au moment de retirer les bons qu'ils avaient souscrits pour la réception des Ingénieurs étrangers, ont fait abandon de leur souscription à la Société. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu :

1° La lettre ci-après de M. F. Reymond :

« Cher Président et ami,

» Je remettrai après-demain samedi, au Préfet, les 1 665 francs résultant de la collecte faite par les membres anglais de « l'Institute of » Mechanical Engineers », à la suite du chaleureux accueil dont ils ont été l'objet au sein de notre Société.

» Je vous adresserai les appréciations de la presse locale à ce sujet.

» Notre département ne peut qu'être profondément reconnaissant des » nombreux témoignages de sympathie dont sa population minière, si » durement éprouvée, a été l'objet de la part de notre grande et généreuse institution ou par son fait.

» Je vais m'occuper de faciliter l'excursion des Ingénieurs anglais de » l' « Iron and steel Institute » qui désirent visiter un certain nombre » de grandes usines de notre bassin.

» Bien à vous,

» F. Reymond. »

2° Une lettre de M. H. Dumartin accompagnant l'envoi de notices sur l'Usine d'éclairage électrique établie à l'Exposition universelle par la Société pour la transmission de la force par l'électricité. M. Dumartin annonce qu'il se tient à la disposition de ceux des membres de la Société qui désireraient visiter l'usine en question.

3° Une lettre par laquelle M. A. Barre invite les membres de la Société à assister aux essais de son système de chemin de fer glissant, qui ont lieu tous les jours, de 10 heures à 11 heures du matin, à l'Esplanade des Invalides, quai d'Orsay, le long de la rue de Constantine.

M. Périssé profite de l'occasion pour rappeler que ce système a déjà été étudié et proposé par notre regretté collègue Girard, qui l'a même essayé en 1870 à La Jonchère.

M. le Président répond que M. Barre est le continuateur de l'œuvre de Girard dont il a été le collaborateur. M. Barre porte très haut la mémoire de Girard et il rappellera certainement les expériences de La Jonchère dans la communication qu'il doit faire à la Société sur le Chemin de fer glissant.

M. Périssé ajoute qu'il est heureux d'avoir provoqué cette explication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. L. Soulerin sur *un Nouveau Système de frein continu*.

M. L. Soulerin rappelle d'abord que les freins continus à air comprimé et à fonctionnement automatique peuvent être tous rapportés à deux types principaux, représentés : le premier, par le frein Westinghouse, et le second, par le frein Carpenter ou le frein Wenger. Dans le frein Westinghouse, le serrage résulte de l'admission de l'air comprimé dans le cylindre à freins, tandis que, dans l'autre type, il résulte, au contraire, de l'échappement de l'air comprimé qui était contenu dans le cylindre à freins. Avec le frein Westinghouse, il est impossible de graduer le serrage : les sabots s'appliquent à fond pour une très faible dépression produite dans la conduite. Avec le frein Wenger, pour produire un commencement de serrage, il faut produire une dépression importante dans la conduite générale. Lorsqu'il entre dans la composition d'un même train des freins Westinghouse et des freins Wenger, le serrage s'effectue donc très irrégulièrement.

M. Soulerin passe ensuite à la description de son nouveau système de freins, qui est caractérisé par l'emploi de pistons différentiels combinés de diverses façons dans les appareils distributeurs, à l'exclusion de tous ressorts auxquels il est, en pratique, impossible de donner des résistances constantes et uniformes. Le fonctionnement des distributeurs dépend donc presque uniquement de pressions exercées sur des surfaces

circulaires qu'il est toujours facile d'établir avec précision. En changeant les dimensions respectives des pistons, on arrive à prévoir par la théorie et à réaliser dans la pratique des appareils dont le fonctionnement varie selon le résultat à obtenir. C'est ainsi qu'on a obtenu notamment :

1° Le *distributeur N° 1*, qui peut être substitué à la *triple valve* du frein Westinghouse, lequel est ainsi rendu *modérable;*

2° Le *distributeur N° 2*, destiné à remplacer la soupape d'équilibre du frein Wenger, ou bien à être intercalé entre la conduite générale et le cylindre du frein Carpenter. Les freins Wenger et Carpenter ainsi transformés agiront avec beaucoup plus de rapidité et posséderont une modérabilité beaucoup plus étendue;

3° Les *distributeurs N° 3 et N° 4*, au moyen desquels on obtient des freins pouvant être actionnés indifféremment par le *vide* ou par *l'air comprimé;* et

4° Le *distributeur N° 5 à action rapide* et applicable aux trains de marchandises. — Les dispositions de cet appareil permettent de graduer à volonté le serrage; elles permettent aussi, en cas d'urgence, de serrer ou de desserrer avec une grande rapidité.

Distributeur N° 1. — Ce distributeur est monté sur le réservoir auxiliaire, tandis qu'au moyen de branchements, il est relié à la conduite générale et au cylindre à freins. Il renferme deux systèmes de pistons et clapets : le système inférieur, qui règle l'admission de l'air comprimé dans le cylindre à freins, pour produire le serrage, et le système supérieur, qui ouvre ou ferme l'échappement du cylindre à freins. Le système inférieur se compose de deux pistons n et m, dont le premier est soumis à la pression x du réservoir, diminuée de la pression z de la conduite principale, tandis que le deuxième est soumis à la pression y de l'air qui s'est rendu dans le cylindre. Un clapet monté entre n et m ouvre ou ferme le passage entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins.

Pendant la marche du train, la conduite générale communique avec le réservoir, qu'elle alimente d'air comprimé, tandis que l'échappement du cylindre est ouvert. Une dépression suffisante produite dans la conduite fait fermer l'échappement du cylindre, tandis que le système m, n se soulève et livre passage à l'air comprimé du réservoir, qui se rend dans le cylindre à freins et produit le serrage. La pression dans le cylindre à freins aura pour valeur approchée :

$$y = \frac{\text{surface de } n}{\text{surface de } m}(x - z).$$

Le desserrage s'effectue par la réintroduction de la charge dans la conduite générale.

Selon que le rapport $\frac{\text{surface de } n}{\text{surface de } m}$ sera égal à 1 ou plus grand ou plus petit que 1, on obtiendra un serrage plus ou moins rapide. Le cas spécial où ce rapport est plus petit que 1 sera considéré plus loin. La pression y pourra toujours être graduée et sera d'autant plus élevée que z

sera plus petit, c'est-à-dire que la dépression produite dans la conduite générale sera plus grande.

Distributeur n° 2. — Cet appareil renferme aussi deux systèmes mobiles de pistons différentiels dont l'un sert aussi à ouvrir ou fermer l'orifice d'échappement du cylindre, tandis que l'autre règle l'échappement. Ce dernier comporte deux pistons *n* et *m*, *m* étant toujours plus grand que *n*. La pression de la conduite générale agit au-dessous de *n* et tend à soulever le système, tandis que *m* est soumis à la pression agissant en sens inverse de l'air que contient la chambre antérieure du cylindre à freins, dont l'échappement doit déterminer le serrage. Un clapet placé entre ces deux pistons et sur la même tige ferme l'échappement dès que l'équilibre s'est établi.

Aussi longtemps que les freins ne sont pas appliqués, l'air comprimé pénètre librement dans les deux chambres du cylindre à freins, en passant par le distributeur ; la production d'une dépression suffisante dans la conduite générale fait ouvrir l'échappement de la chambre antérieure du cylindre à freins, dans laquelle la pression s'abaisse jusqu'à ce qu'elle soit sensiblement égale à celle qui reste dans la conduite générale multipliés par le rapport :

$$\frac{\text{Surface de } n}{\text{Surface de } m} < 1.$$

En pratique on fait ce rapport égal à environ $\frac{1}{2}$, ce qui pour une pression de marche de 4 1/2 *kg*, permet d'effectuer la plupart des arrêts et ralentissements, en ne perdant que 0,8 *kg* de la pression de la conduite, tandis qu'avec les appareils Wenger ou Carpenter, il faudrait perdre près de 3 *kg* pour obtenir le même résultat.

Distributeurs n°s 3 et 4. — Le distributeur n° 3 n'est autre que le distributeur n° 1 dans lequel le rapport $\frac{\text{Surface de } n}{\text{Surface de } m}$ est égal à environ $\frac{1}{4}$. En combinant cet appareil avec une double valve on a des appareils fonctionnant indifféremment par le vide ou par l'air comprimé, et avec la même puissance de serrage dans les deux cas. Le frein est alors « modérable ».

Avec le distributeur n° 4, le frein à air comprimé doit s'appliquer à fond pour une dépression partielle dans la conduite. Ce distributeur est une combinaison du distributeur n° 1 dans lequel le rapport $\frac{\text{Surface de } n}{\text{Surface de } m}$ est plus grand que 1. L'air en se rendant au cylindre passe par un détendeur.

Distributeur n° 5. — Dans le distributeur n° 5, il y a deux systèmes dont le fonctionnement est le même que dans le cas du distributeur n° 1 pour tout serrage gradué. En pratique on obtient un serrage gradué toutes les fois qu'on commence le serrage en perdant moins de la moitié de la charge de la conduite générale. Pour produire un serrage rapide, on perd à la partie antérieure du train, plus de la moitié de la charge, de sorte que le système supérieur du premier distributeur du train au

lieu d'être maintenu au milieu de sa course comme dans le cas du serrage modéré, descend au bas de sa course, ce qui ouvre un échappement à l'extérieur, par lequel se vide la conduite. La dépression se transmet ensuite au second distributeur, puis au troisième et ainsi de suite, jusqu'au dernier, avec une vitesse de propagation qui est d'autant plus grande que les sections des orifices d'échappement sont plus considérables.

Sur le côté du distributeur se trouve un troisième système mobile de pistons qui commande l'échappement du cylindre à freins. Pour effectuer un desserrage rapide on fait évacuer l'air qui avait produit le serrage, dans la conduite principale elle-même.

L'appareil de manœuvre dont dispose le mécanicien est construit de manière qu'on puisse perdre dans la conduite générale, telle quantité de la charge qu'on voudra, sans qu'il en résulte un remous qui rétablirait dans la partie antérieure de la conduite, une pression suffisante pour y causer un commencement de desserrage.

M. Soulerin, en terminant, exprime sa reconnaissance à MM. les Ingénieurs de plusieurs compagnies de chemins de fer, et notamment à MM. les Ingénieurs des chemins de fer du Nord, de Paris à Orléans et de l'Etat Belge, à l'intelligente initiative desquels il doit d'avoir pu faire des essais sérieux de la plupart des appareils qu'il a décrits. Sur certains réseaux ces essais ont amené l'adoption des appareils essayés, tandis qu'ils se poursuivent encore sur les autres. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit qu'il croit être l'interprète de l'Assemblée en remerciant M. Soulerin de son intéressante communication. La question des freins continus est de celles qui méritent d'être discutées devant la Société; elle sera mise à l'ordre du jour dès que le mémoire de M. Soulerin aura été publié au Bulletin et il n'est pas douteux que nos collègues des Compagnies de chemins de fer ne nous apportent sur ce sujet des renseignements précieux.

M. Max de Nansouty a la parole pour donner une *analyse de l'ouvrage de M. L. Vigreux, intitulé « Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville. »* Il s'exprime comme suit :

J'ai l'honneur de présenter à la Société le remarquable ouvrage récemment publié à la librairie Bernard et C^ie^, par notre savant collègue, M. L. Vigreux, chef du service mécanique et électrique de l'Exposition de 1889.

Il a pour titre « Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville », et fait partie de toute une intéressante série de travaux analogues du même auteur touchant aux applications mécaniques et industrielles.

Cet ouvrage vient à point au moment où, à l'exemple de ce qui se fait notamment aux États-Unis, l'éclairage électrique prend, en France, un développement considérable. Il ne constitue point, d'ailleurs, une œuvre de polémique en ce qui concerne les autres systèmes d'éclairage. M. Vigreux s'est proposé un problème d'Ingénieur et il recherche, avec toutes les données que la pratique lui a indiquées, le moyen de le résoudre dans les meilleures conditions.

Le programme est posé de la façon suivante :

» Une ville de 20 000 habitants, traversée par un cours d'eau, dispose, à 10 *km* en amont du point A (voir le plan de la ville), d'une chute de 20 *m* située sur ce cours d'eau dont elle veut utiliser la puissance pour l'éclairage électrique des voies et places publiques comprises dans le périmètre indiqué sur le plan. Le débit du cours d'eau est supposé tel qu'il pourra suffire non seulement à donner la puissance motrice nécessaire à l'éclairage public des rues et places de la ville, mais permettre, en outre, de distribuer la lumière aux particuliers et la force motrice à la petite industrie, enfin d'obtenir, les jours de fêtes publiques, l'illumination des principales places et des monuments. Toutefois il y aura lieu de discuter les moyens employés pour remplir ce programme sans donner à l'usine hydraulique une importance exagérée qui aurait pour conséquence d'engager dans l'opération un capital trop élevé. Suivant l'importance des voies et places publiques on fixera l'intensité de leur éclairage.

« Dans l'établissement du réseau de distribution de l'énergie électrique on aura soin d'avoir égard à la condition d'éviter autant que possible qu'un accident résultant des machines et des conducteurs puisse entraîner l'extinction simultanée de tous les foyers lumineux d'une même rue.

« L'usine hydraulique sera complètement étudiée au point de vue des moteurs des dynamos et de leur transmission de mouvement. Il en sera de même de l'une des stations centrales si l'on juge utile d'en établir dans la ville même. »

Le problème est usuel et courant.

Les préliminaires, c'est-à-dire la partie purement théorique, ne présentent rien qui ne soit connu des électriciens; on s'y reportera cependant volontiers, car pour les lecteurs auxquels la notion du *potentiel* pourrait paraître trop vague, M. Vigreux a déduit avec une grande netteté les deux théorèmes fondamentaux de l'hydraulique.

Après avoir assez longuement discuté ensuite le choix du mode d'éclairage à arc et par incandescence, M. Vigreux choisit les régulateurs de 100 et de 50 carcels et en partant de la loi connue de la dispersion de la lumière, il fixe la hauteur à laquelle ces régulateurs doivent être placés au-dessus du sol et le rayon d'éclairement pour obtenir l'éclairement indiqué par le programme.

La méthode suivie pour répartir l'éclairage en quatre réseaux et pour trouver le poids des conducteurs de distribution les plus économiques est absolument méthodique et sûre. Elle a nécessité l'établissement de nombreux tableaux que l'on trouve dans un album joint à l'ouvrage et qui sont un modèle du genre.

M. Vigreux en a profité pour discuter le système de distribution à trois conducteurs d'Edison et pour établir qu'il peut être dans bien des cas moins économique que ne l'indique la théorie quand on doit l'appliquer à l'éclairage des villes qui ne sont pas en quelque sorte construites exprès en vue de cette application.

En ce qui concerne le transport de l'énergie électrique entre l'usine hydraulique et la station centrale placée dans la ville, M. Vigreux a comparé, pour le calcul des conducteurs, la méthode de Thomson avec une

méthode nouvelle ayant pour point de départ le calcul des conduites ascensionnelles de machines à élever l'eau. Cette méthode conduit à un résultat plus économique que celle de Thomson qui donne généralement trop d'importance à la ligne par rapport aux machines.

M. Vigreux adopte des dynamos comme transformateurs : c'est là un sujet de discussion ainsi que les dimensions qu'il donne, en vue de la sécurité de marche, à ses génératrices et à ses réceptrices. Il est bon de signaler ce parti pris raisonné de sa part, tout en laissant aux constructeurs le soin de le suivre ou de le réfuter, non pas avec des chiffres ou des équations, comme cela a souvent été fait, mais avec l'aide de résultats pratiques. M. Vigreux pense que la première qualité d'un éclairage électrique est de ne jamais avoir de défaillances ni de *ratés;* nous partageons entièrement son avis. Les éclairages irréguliers ou insuffisants ont fait perdre bien du terrain en mainte circonstance aux progrès de l'électricité.

Signalons enfin que, comme récepteur hydraulique, M. Vigreux a adopté, en raison des conditions spéciales qui pourraient être modifiées dans certains cas, la turbine centripète à axe horizontal, très régulière dans son mouvement et qui supprime toute transmission intermédiaire. C'est une utile indication à retenir.

En résumé, les Ingénieurs étudieront avec autant de fruit que d'intérêt cet ouvrage consciencieux et pratique, rempli d'utiles indications et tout à fait digne de l'Ingénieur qui a su mener à bien avec le talent que l'on a pu apprécier, la rude tâche de Chef du service mécanique et électrique de l'Exposition de 1889. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Max de Nansouty d'avoir appelé l'attention de la Société sur l'important ouvrage de M. Vigreux qui sera consulté avec fruit par tous ceux qui s'intéressent aux applications de l'électricité.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la Société va entrer en vacances et ne reprendra ses séances bimensuelles que le 4 octobre prochain.

Toutefois, il croit devoir rappeler que la Société a invité à venir en France, les Ingénieurs belges, hollandais et espagnols, ainsi que les membres de « l'Iron and Steel Institute » d'Angleterre.

Ces ingénieurs doivent séjourner à Paris aux époques ci-après :

1° Belges et Hollandais, du mardi 10 au samedi 14 septembre;

2° Espagnols, du mardi 17 au vendredi 20 septembre;

3° « Iron and Steel Institute », du mardi 24 au jeudi 26 septembre.

M. LE PRÉSIDENT profite de l'occasion pour prier les membres de la Société qui ont l'intention de participer à la réception de nos collègues étrangers, de bien vouloir faire parvenir leur adhésion, à M. de Dax, Agent général, avant la fin du mois d'août, en spécifiant exactement avec quels ingénieurs ils désirent se mettre en rapport.

La séance est levée à dix heures.

CONSTRUCTION D'UN BASSIN DE RADOUB

Dans l'Arsenal de Saïgon

AU MOYEN DE CAISSONS MÉTALLIQUES ET D'AIR COMPRIMÉ

PAR

M. H. HERSENT

Note sur l'emploi de l'air comprimé.

C'est en 1839 que M. Triger eut le premier l'idée d'employer l'air comprimé pour le fonçage du puits des mines de Chalonnes à travers des couches aquifères et sa tentative fut couronnée de succès. Depuis cette époque, ce procédé a reçu de nombreuses applications dans les constructions hydrauliques; il est devenu d'un usage courant et a permis d'entreprendre des travaux dont l'exécution aurait été presque impossible par les moyens ordinaires.

Nous avons reçu les conseils personnels de M. Triger, lors de la construction des ponts de Kehl, sur le Rhin, en 1859, et d'Argenteuil, sur la Seine, en 1862.

Nous avons aussi conservé le meilleur souvenir de la haute intelligence de M. Fleur Saint-Denis qui préconisa, le premier, l'emploi de caissons métalliques pour le fonçage des piles du pont de Kehl, et de M. Ch. Joyant qui en dirigea l'exécution.

Enfin, pendant une longue collaboration, M. Castor, notre maître, nous a fait profiter de sa grande expérience et des conseils qu'il donnait de la manière la plus sage et la plus sûre.

Nous avons poursuivi notre œuvre avec le concours de collaborateurs dévoués, parmi lesquels : M. Langlois, pour les bassins de radoub de Toulon, et M. Coiseau, pour les travaux maritimes d'Anvers, nous ont particulièrement aidé à résoudre des problèmes spéciaux, d'une exécution délicate, nécessitant des qualités personnelles que nous avons plaisir à mettre en évidence.

L'emploi de l'air comprimé pour les travaux de dérochement et de fondation sous l'eau s'est généralisé à tel point qu'on peut le considérer comme étant une nouvelle branche de l'art de construire.

Après s'être acclimatée en Europe, sur le continent, la nouvelle méthode a fait ses preuves en Amérique, lors de la construction des ponts de Saint-Louis et de Brooklyn et elle fait, en ce moment, sa réapparition en Angleterre pour le grand pont sur la Sewern, après avoir été employée aux ponts de Rochester et de Salstash.

Nous considérons comme une bonne fortune d'avoir concouru aux travaux du pont de Kehl ; cela nous a permis d'acquérir une expérience que nous avons pu mettre à profit en réalisant, dès le début, une notable économie dans l'exécution des travaux, en les rendant d'une application simple et facile.

La disposition des caissons métalliques employés pour les fondations des ponts d'Arles sur le Rhône et de Rovigo sur l'Adige en 1864, est devenue avec quelques corrections le type suivie par tous les constructeurs qui exécutent des travaux de fondation à l'air comprimé.

La disposition des écluses à plusieurs sas est également la seule qui ait été imitée et qui soit la base de toutes les constructions où il faut écluser les hommes et les matériaux pour le passage de l'air libre à l'air comprimé ou inversement.

Le siphonnage de l'eau et de la vase, employé au puits de Chalonnes et au pont d'Argenteuil, a été généralisé et est souvent appliqué à présent pour l'extraction des sables et autres menus terrains ; l'eau est devenue ainsi le véhicule qui sert à transporter certains déblais après leur sortie des caissons de fonçage.

L'étude médicale faite par M. le docteur Folley, au pont d'Argenteuil (1864), a également beaucoup servi pour les soins à donner aux ouvriers, qui travaillent dans l'air comprimé et y contractent quelquefois des congestions musculaires. Elle a mis sur la voie de la médication préventive contre les accidents les plus fréquents dus à l'emploi de l'air comprimé.

Les travaux de fondation au moyen de l'air comprimé ont eu, dès le début, à lutter contre la routine et l'appréhension des dangers que couraient les ouvriers qui y étaient occupés. Chaque progrès réalisé en a amené d'autres plus considérables et nous avons eu la satisfaction d'appliquer nous-même le plus grand nombre de ces améliorations, non-seulement aux ponts d'Arles et de Rovigo ; à Brest, pour le batardeau du bassin n° 5, aux quais du port de

Bône, du port de Brest et aux ponts sur le Danube, à Vienne et Linz, exécutés en collaboration avec M. Castor, mais encore à l'arrière-radier de l'écluse de chasse de Honfleur, aux bassins de radoub de Missiessy à Toulon, construits dans des caissons de 5 600 m^2 de surface et 20 m de hauteur, entrepris avec responsabilité absolue; aux travaux du port d'Anvers (1); à l'écluse de Saint-Aubin sur la Seine; aux dérochements exécutés aux arsenaux de Brest et Cherbourg et enfin au bassin de radoub de Saïgon, qui fait l'objet de la présente communication.

Les résultats si remarquables obtenus par l'emploi de l'air comprimé pour l'exécution des travaux hydrauliques sont maintenant bien connus des hommes techniques du monde entier. Il en est résulté qu'on n'hésite plus à entreprendre des travaux sous l'eau depuis que leur exécution ne présente guère plus de difficultés qu'à l'air libre.

Plusieurs ingénieurs, en voulant opérer avec une économie apparente, ont fait des fondations au moyen de puits foncés à l'air libre, par havage, ou avec intervention facultative d'air comprimé, ou bien par puits foncés à l'air comprimé en supprimant une partie des caissons métalliques. Nous ne sommes pas certains que cette économie soit réelle, et nous croyons qu'à part quelques cas spéciaux, le caisson métallique est l'agent général le mieux approprié pour l'exécution des travaux hydrauliques, parce qu'il réunit la sécurité à une économie sérieuse sur les quantités de maçonneries nécessaires.

Actuellement il y a de grandes probabilités pour que l'emploi de l'air comprimé soit préféré dès qu'une construction présente quelques difficultés, même si son emploi n'est pas jugé indispensable, tant cette solution est radicale et sûre. Les ouvrages nombreux, exécutés depuis vingt années, sont là pour le prouver.

Les Ingénieurs qui ont suivi les travaux que nous avons exécutés en sont bien convaincus et nous sommes heureux de profiter de l'occasion qui nous est offerte pour leur exprimer les sentiments de gratitude, dont nous avons toujours été animé à leur égard, et les remercier des conseils que nous avons reçus et de la bienveillance qu'ils nous ont témoignée.

Exposé.

La construction de bassins de radoub est généralement réclamée

(1) Les travaux du port d'Anvers ont été entrepris en participation avec M. Couvreux.

dans tous les ports pour la visite des carènes de navires et pour les réparations, quelquefois peu importantes, que nécessitent les navires après une longue traversée. Aussi la ville de Saïgon, qui est le centre commercial et administratif de la colonie française de l'Indo-Chine, réclamait-elle, depuis longtemps, un bassin de radoub fixe pour remplacer le bassin-dock flottant, qu'elle possède déjà depuis un certain nombre d'années.

Les sondages exécutés à l'endroit où l'on devait construire le bassin de radoub ont accusé une couche de sable à la profondeur de la fondation, c'est-à-dire à 10 *m* environ au-dessous du niveau de basse mer. On a craint, avec raison, d'avoir besoin de faire des épuisements trop importants si l'on creusait, à l'air libre, la fouille jusqu'à cette profondeur. Ce travail aurait été d'autant plus difficile qu'on n'a pas, à Saïgon, toutes les ressources dont on dispose en Europe.

Aussi l'Administration de la Marine et des Colonies s'est-elle décidée à construire le bassin de radoub de Saïgon avec des moyens analogues à ceux qu'on a employés pour la construction des bassins de Missiessy à l'arsenal de Toulon (1), avec cette différence caractéristique que, pour Saïgon, on a préféré employer plusieurs caissons, au lieu d'un seul, comme à Toulon.

Cette disposition, plus compliquée en réalité, et aussi plus coûteuse, a été préférée pour diviser l'opération du fonçage en deux périodes, moins longues chacune qu'une seule.

Les agents et ouvriers qui ont pris part à la construction, ont pu ainsi suivre chaque opération, sans être exposés à un excès de fatigue, toujours dangereux sous ces climats exagérés. D'un autre côté, on a craint, en faisant des fouilles dans un sol contenant des débris végétaux, de développer des fièvres intermittentes parmi le personnel du chantier. Pour cette raison, on a exécuté les déblais de la fouille par dragage et leur transport avec des moyens hydrauliques et écarté en très grande partie les émanations insalubres du sol.

Diminuer les émanations, d'une part, et diminuer le nombre des travailleurs, d'autre part, ont paru des éléments de succès, dont on devait tenir grand compte sous un climat n'ayant pas trop bonne réputation.

Après avoir écarté les inconvénients les plus considérables du

(1). Les deux bassins de radoub de la Darse de Missiessy ont été construits de 1878 à 1883 dans deux caissons métalliques de 5 600 m^2 de surface chacun et 20 *m* de hauteur, déplaçant plus de 100 000 tonnes.

climat, nous avons arrêté les combinaisons générales qui nous ont paru permettre l'exécution du travail, en quatre années, d'après les dispositions suivantes :

CHAPITRE I

Description du bassin de radoub et des caissons métalliques.

Le bassin de radoub de Saïgon, destiné aux navires de l'État et aux paquebots, mesure intérieurement :

Largeur entre le bateau-porte et le fond. . .	161 *m*
Largeur au fond	19,08 *m*
Largeur au couronnement.	26,88 *m*
Profondeur du seuil au-dessous du couronnement.	9,50 *m*

Les dimensions extérieures de la construction sont les suivantes :

Longueur totale de tête en tête	167,50 *m*
Largeur extérieure des caissons.	30 *m*
Profondeur de la fondation sous les basses mers, environ.	11 *m*

Le corps du bassin de radoub repose sur deux caissons séparés (Pl. 222) ayant chacun 83 *m* de longueur, qui sont réunis par une maçonnerie étanche, faite à la fin de l'opération.

Les machines motrices, les pompes et le puisard sont installés sur un troisième caisson, ayant 20 *m* de longueur sur 12 *m* de largeur. Il forme, en même temps, mur en retour et est relié au corps du bassin par un joint en maçonnerie étanche dans lequel passe la galerie de communication du bassin au puisard.

Un quatrième caisson, de 8 *m* de longueur sur 4 *m* de largeur, sert à soutenir le mur en retour formant tête du bassin du côté opposé aux machines. Ce mur est relié au corps du bassin par une voûte en maçonnerie construite sur des enrochements posés dans l'espace libre entre le corps du bassin et le petit caisson.

Les deux grands caissons mesurant chacun 83 *m* de longueur sur 30 *m* de largeur sont, comme ceux de Toulon, coupés horizontalement par le plafond qui les divise en deux parties distinctes :

1° La partie inférieure appelée chambre de travail, pour l'emploi de l'air comprimé ;

2° La partie supérieure, d'une seule pièce, destinée à contenir les maçonneries du radier et des bajoyers.

La chambre de travail est divisée par les poutres transversales en 10 compartiments de 8,30 *m* de long sur 30 *m* de large, armaturés à l'intérieur au moyen de consoles. Le plafond est soutenu par des poutrelles à croisillons espacées d'un mètre environ.

Chacun de ces compartiments est muni d'une cheminée avec écluse à air, pour le passage des ouvriers employés dans l'air comprimé, au déblai et au rangement du béton, et de deux autres cheminées plus petites pour l'éclusage du béton de remplissage.

Cette disposition d'un grand nombre de cheminées a été prise en vue de réduire le plus possible le travail intérieur, qui consiste à transporter le béton du pied de la cheminée au lieu d'emploi et à le pilonner.

En outre, chaque compartiment est muni de robinets destinés à l'expulsion des déblais. Dans ce but, les déblais argileux ou sableux ont été rendus semi-liquides au moyen de l'eau du fond, ou bien d'eau introduite de l'extérieur sous pression.

Cette disposition, qui a été employée la première fois au pont d'Argenteuil, a rendu, depuis, de très grands services en simplifiant notablement le travail à faire dans l'air comprimé.

Les deux caissons du bassin de radoub sont presque identiques. Ils sont posés bout à bout en laissant entre eux un espace de 1,50 *m*, qui a été rempli à la fin du travail, de manière à les rendre tout à fait solidaires l'un de l'autre et à former à l'intérieur une seule grande chambre, absolument étanche.

Les parois en sont fortement armaturées tous les 8,30 *m* par de grandes contrefiches verticales, assemblées à leur partie inférieure avec les poutres transversales. Chaque caisson est fermé à ses extrémités par des batardeaux métalliques à une seule paroi. Ces batardeaux ont été démontés lorsque les maçonneries du bassin ont été terminées, tandis que les côtés latéraux sont restés pour envelopper la maçonnerie et en assurer l'étanchéité.

Les hausses formant les côtés latéraux sont en tôles minces ; elles sont posées, au fur et à mesure de l'enfoncement du caisson, sur des armatures destinées à les soutenir.

Les maçonneries sont faites avec des granits du cap Saint-Jacques, où une carrière importante, à proximité d'un arroyo, a été ouverte spécialement pour l'entreprise. Cette carrière a pu

fournir tous les matériaux nécessaires à la construction du bassin en pierres de taille, et une grande partie des autres matériaux de maçonnerie.

Le mortier est fait avec du sable provenant des parties amont de la rivière de Saïgon, et du ciment de Portland, de Boulogne, ou de la chaux hydraulique du Theil.

Les proportions usitées sont les mêmes qu'aux bassins de Toulon (500 *kg* de ciment et 350 *kg* de chaux par mètre cube de sable)

Les angles d'élévation, les seuils, les arêtes de banquettes, les marches d'escaliers et les couronnements sont en pierres de taille. Les parements de surface du radier sont en pierres et en dalles de granit, ceux des bajoyers sont en moellons smillés posés en mosaïques ; le corps des maçonneries est en moellons bruts. La partie inférieure sur le plafond, dans les poutrelles, et le remplissage des chambres de travail sont en béton.

L'ensemble des matériaux qui sont entrés dans la construction peut se résumer comme suit :

Maçonnerie de pierres de taille.	1 154 m^3
Maçonnerie de moellons smillés . . .	2 279 m^3
Maçonnerie de moellons bruts.	19 577 m^3
Maçonnerie de béton	15 250 m^3
Total des maçonneries. . .	38 260 m^3

L'entreprise comprenait en outre :

1° L'exécution de la fouille dans laquelle le bassin est construit, et le dressement du fond au moyen de l'air comprimé ;

2° La fourniture et la construction des caissons métalliques pour l'emploi de l'air comprimé. Le poids de ces caissons est de 1 900 000 *kg* ;

3° La fourniture et la mise en place des machines à vapeur et des pompes d'épuisement et d'asséchement ;

4° La fourniture et la mise en place du bateau-porte en fer et acier, qui ferme le bassin.

L'entreprise a été faite partie à forfait, d'après une définition jointe au marché, et partie sur série de prix.

L'ensemble des estimations s'élevait à environ sept millions de francs.

CHAPITRE II

Appréciation des résistances des grands caissons.

Calculs des poutres.

Les efforts auxquels les caissons doivent être capables de résister pendant leur immersion sont dus à trois groupes de forces extérieures, savoir :

1° A des forces verticales agissant dans le sens de la pesanteur, c'est-à-dire de haut en bas. Ces forces représentent les poids : du caisson considéré, de la maçonnerie, du lest et des accessoires divers ;

2° A des forces verticales uniformément réparties sur toute la surface du fond du caisson, dirigées en sens contraire, c'est-à-dire de bas en haut. Elles représentent le poids de l'eau déplacée, c'est la sous-pression ;

3° Enfin, à des forces horizontales dues à la poussée de l'eau sur les parois latérales du caisson.

Chacun des caissons est divisé par les poutres transversales en dix compartiments de 8,30 *m*. Chacune d'elles devra donc pouvoir supporter les efforts indiqués ci-dessus appliqués sur une tranche de 8,30 *m* de largeur.

Le poids des caissons, ainsi que celui des maçonneries, uniformément répartis seront directement détruits par la sous-pression et ne donneront pas lieu, par conséquent, à des moments fléchissants.

Nous n'aurons à tenir compte que des charges inégalement réparties, poids des bajoyers et du lest, indiquées par des hachures sur la figure ci-après.

La poutre sera soumise à l'action des forces p, p', p'', etc. agissant de haut en bas à des distances l, l', l'', etc., du milieu du caisson.

Ces forces produiront, en ce point, un moment fléchissant positif :

$$+ M_p = pl + p'l' + p''l'' \text{ etc.}$$

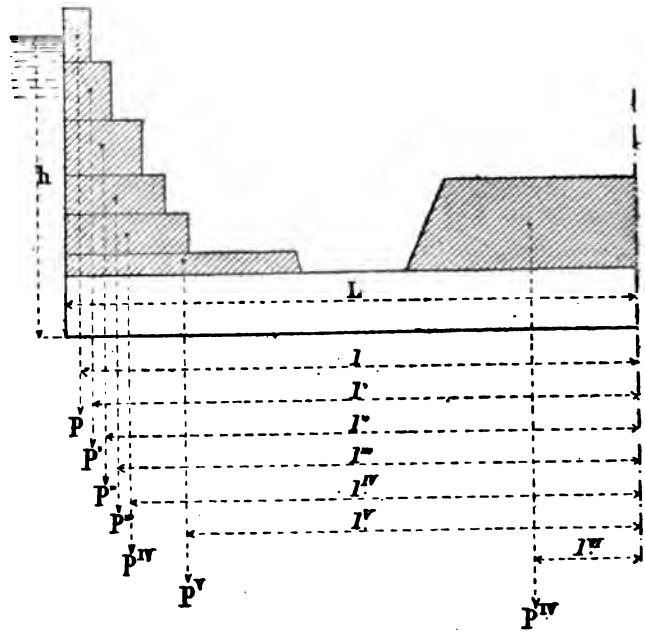
De même, la sous-pression donne lieu, au même point, au moment fléchissant négatif ci-dessous :

$$- M_s = \frac{(p + p' + p'' + p''' \text{ etc.})\, l}{2}$$

De sorte que le moment fléchissant dû à l'ensemble des forces verticales aura pour valeur :

$$M_r = + M_p - M_s$$

Il est maximum au milieu des poutres.



Pour un point quelconque situé à une distance x de l'axe de la poutre, il serait donné par la formule générale :

$$M_r = p\,(l - x) + p'\,(l' - x) + \text{etc.} - \frac{p + p' + p'' \text{ etc.}}{L} \times \frac{(L - x)^2}{2}$$

La poussée horizontale sur chaque bajoyer a pour valeur :

$$K = \frac{h^2}{2} \times 8{,}30\ m \times 1\,026\ kg.$$

Elle est appliqué au $\frac{1}{3}$ inférieur de la hauteur h

Elle donne lieu :

1° A un effort de compression générale k ;

2° A un moment fléchissant négatif, ayant pour valeur :

$$- M_k = - K \times d$$

d désigne la distance du point d'application de la poussée à la fibre neutre des poutres.

Le moment fléchissant total sera donc égal :

$$M_t = M_p - M_s - M_k$$

On se rend facilement compte de la variation de ces moments pour les différentes immersions, à l'aide des épures de la planche 223

Les efforts qui s'exercent dans chaque tranche transversale de la poutre étant déterminés, il reste à rechercher le travail qui en résulte.

Ce travail est dû à deux causes :

1° A la flexion, dont le moment est M_t qui donne lieu au travail de tension et de compression exprimé par les formules :

$$\text{Tension}_r = \frac{M_t \times n}{I}$$

$$\text{Compression}_{r'} = \frac{M_t \times n'}{I}$$

2° A la poussée latérale K, qui exerce une compression générale sur toute la section des poutres, égale à :

$$C = \frac{K}{\Omega},$$

Ω étant la section des poutres en millimètres carrés.

Le travail total de compression et de tension sera donc :

$$\text{Tension} \quad R = r - C;$$
$$\text{Compression} \quad R' = -r' - C$$

r représente le travail de tension dans la fibre la plus éloignée de la fibre neutre et r' celui de la fibre la plus comprimée.

Les formules générales étant établies, proposons-nous de calculer le travail des poutres, lorsque le caisson sera immergé de 8 *m*, ce qui correspond à peu près à l'instant où le couteau touchera le fond de la fouille et, par suite, à celui où les charges seront les plus fortes.

Les éléments du calcul sont les suivants :

Poids du caisson.	650 000 *kg*
— des hausses	84 000 —
— des accessoires.	61 000 —
TOTAL.	795 000 *kg*

Le déplacement du caisson avec 8 *m* de tirant d'eau est égal à 20 437 *tx* 920.

Le poids du lestage sera, par suite, égal à :

$$20\,437\ tx\ 92 - 795\ t = 19\,642\ tx\ 92;$$

soit, pour chaque compartiment de 8,30 *m* :

$$\frac{19\,642\ t\ 92}{10} = 1\,963\ t\ 292.$$

Ce lestage est réparti comme l'indique l'épure de la planche 223 pour l'immersion de 8 *m*.

Le moment fléchissant des charges agissant de haut en bas est égal :

$$M_p = + 4\,391\,638\ kgm.$$

Celui M_s, dû à la sous-pression, a pour valeur :

$$M_s = - 3\,715\,720\ kgm.$$

Enfin, la poussée est égale à :

$$K = \frac{8 \times 8}{2} \times 1\,026\ kg \times 8{,}3\ m = 272\,505\ kg,$$

et le moment fléchissant dû à la poussée à :

$$M_k = 272\,505 \times 3{,}12\ m = - 850\,215\ kgm.$$

De sorte que le moment fléchissant total, maximum dans l'axe des poutres, a pour valeur :

$$M_t = + 4\,391\,638\ kgm - 3\,715\,720\ kgm - 850\,215\ kgm,$$

$$M_t = - 174\,297\ kgm.$$

Les poutres ont la section ci-contre :

$$\Omega = 40\,920\ mm^2.$$

Leur moment d'inertie est égal :

$$I = 0{,}0599992,$$

et

$$\frac{I}{n} = \frac{0{,}0599992}{1{,}678} = 0{,}035750,$$

$$\frac{I}{n'} = \frac{0{,}0599992}{1{,}447} = 0{,}041464.$$

Le travail de compression dans la nervure supérieure de la poutre est égal :

$$r = \frac{174\,297}{35\,750} = - 4{,}87\ kgm \text{ par millimètre carré};$$

celui de tension dans la nervure inférieure est égal :

$$r' = \frac{174\,297}{41\,464} = + 4{,}20\ kg \text{ par millimètre carré.}$$

La compression générale due à la poussée latérale a pour valeur :

$$C = \frac{272\,505}{40\,920} = -6{,}65\ kg \text{ par millimètre carré.}$$

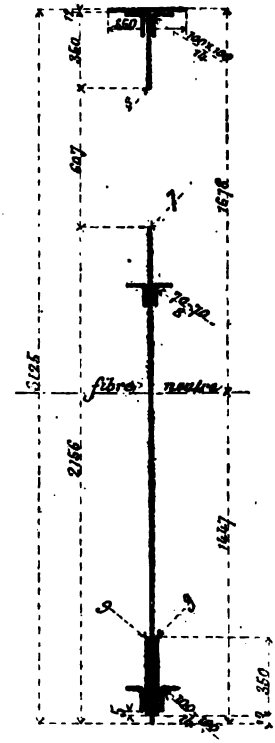
De sorte que le travail total, dans le cas qui nous occupe, est :

1° Dans la nervure supérieure :

Compression R = — 6,65 *kg* — 4,87 *kg* = — 11,52 *kg* par millimètre carré.

2° Dans la nervure inférieure :

Compression R′ = — 6,65 *kg* + 4,20 *kg* = — 2,45 *kg* par milimètre carré.



En résumé, pour l'immersion de 8 *m*, le calcul indique que les deux nervures des poutres supporteront un effort de compression. Dans la nervure supérieure, ce travail s'élèvera à — 11,52 *kg* par millimètre carré, tandis qu'il ne sera que de — 2,45 *kg* pour la nervure inférieure.

Ce travail de 11,52 *kg* ne doit pas paraître exagéré si l'on considère que la partie supérieure des poutres est complètement enveloppée par la maçonnerie et ne peut subir pour cette raison, aucune flexion latérale et qu'en outre la maçonnerie peut elle-même absorber ces pressions sans fatigue.

Nous avons représenté à l'aide d'épures (Pl. 223) le travail des poutres pour les immersions successives de 2, 4, 6 et 8 *m* et nous résumons dans le tableau ci-après les principaux résultats de nos calculs pour les immersions de mètre en mètre jusqu'à 8 *m*.

IMMERSIONS	Moment fléchissant total milieu des poutres	VALEUR de la poussée	TRAVAIL		TRAVAIL compression générale	TRAVAIL TOTAL	
			Nervure supérieure	Nervure inférieure		Nervure supérieure	Nervure inférieure
2 *m.*	+ 260 800 *kg.*	— 17 030 *kg.*	Traction + 7,29 *kg.*	Compression — 6,20 *kg.*	— 0,41 *kg.*	Traction + 6,88 *kg.*	Compression — 6,69 *kg.*
3 *m.*	+ 17 208 *kg.*	— 38 321 *kg.*	Traction + 0,48 *kg.*	Compression — 0,41 *kg.*	— 0,93 *kg.*	Compression — 0,45 *kg.*	Compression — 1,34 *kg.*
4 *m.*	+ 140 209 *kg.*	— 68 126 *kg.*	Traction + 3,92 *kg.*	Compression — 3,38 *kg.*	— 1,65 *kg.*	Traction + 2,27 *kg.*	Compression — 5,03 *kg.*
5 *m.*	— 258 155 *kk.*	— 106 447 *kg.*	Compression — 7,22 *kg.*	Traction + 6,22 *kg.*	— 2,62 *kg.*	Compression — 9,84 *kg.*	Traction + 3,60 *kg.*
6 *m.*	— 231 650 *kg.*	— 153 284 *kg.*	Compression — 6,48 *kg.*	Traction + 5,58 *kg.*	— 3,75 *kg.*	Compression — 10,22 *kg.*	Traction + 1,84 *kg.*
7 *m.*	— 184 201 *g.*	— 208 637 *kg.*	Compression — 5,15 *kg.*	Traction + 4,44 *kg.*	— 5,10 *kg.*	Compression — 10,25 *kg.*	Compression — 0,66 *kg.*
8 *m.*	— 174 297 *kg.*	— 272 505 *kg.*	Compression — 4,20 *kg.*	Traction + 4,20 *kg.*	— 6,65 *kg.*	Compression — 11,52 *kg.*	Compression — 2,45 *kg.*

En somme, pendant toute la période d'enfoncement des caissons, le travail du fer, abstraction faite de celui des maçonneries, n'a pas dépassé les limites recommandées par la pratique.

Par un calcul analogue on s'est assuré que dans le sens longitudinal le travail du caisson est presque nul. Les éléments de résistance se composent dans ce cas : de la section des parois extérieures du caisson avec leurs armatures et des deux grandes poutres intermédiaires. Les poutrelles armaturant le plafond ne sont pas considérées comme apportant un élément important dans la résistance générale

Les batardeaux et les parois verticales, les hausses ont été calculées séparément en tenant compte de l'appoint de résistance apporté par la maçonnerie.

CHAPITRE III

Bateau-porte.

Description et dimensions.

Le bateau-porte exécuté pour la fermeture du bassin de radoub, se compose de deux parties distinctes : le flotteur et les compartiments supérieurs.

Le flotteur a une section trapézoïdale ; il est terminé, à sa partie inférieure, par une quille et, à sa partie supérieure, par un pont nommé « pont du ressaut ».

A l'intérieur, sont installées les caisses à eau nécessaires pour les manœuvres. Le lest est empilé et rangé avec ordre dans la quille.

Les compartiments supérieurs, au nombre de trois, séparés par deux cloisons étanches, partent du pont du ressaut et sont terminés, à leur sommet, par une passerelle qui permet de circuler d'un côté du bassin à l'autre.

Ils peuvent être alternativement remplis d'eau et vidés, pour les manœuvres de la porte.

De la passerelle, on peut descendre dans l'intérieur de ces compartiments et aussi dans les flotteurs, à l'aide de trois cheminées verticales, rectangulaires, munies d'échelons.

Les principales dimensions du bateau-porte sont les suivantes :

Largeur au milieu	au-dessus du pont du ressaut .	1,500 *m*
	au-dessous du pont du ressaut.	4,500
Hauteur de la porte jusqu'au pont du ressaut . . .		6,100
Hauteur totale de la porte.		10,700
Largeur de la porte	au-dessus du pont supérieur .	21,818
	au-dessous de la quille. . . .	19,920
Tirant d'eau à flot		5,900
Émersion pour sortir des rainures	par basses mers	2,100
	par hautes mers	3,800
Différences entre les plus hautes et les plus basses mers.		1,70
Largeur de la quille et des étambots		0,70
Largeur de la passerelle		1,90
Le poids du bateau-porte, sans lest, est d'environ. .		150 800 *kg*
Le poids du lest s'élève à		115 700
Le déplacement du bateau-porte, avec le tirant d'eau de 5,90 *m*, est de.		266 500

Le bordé de la carène est en tôles de fer. Les membrures intérieures sont en acier. Toutes les matières sont zinguées et ensuite peintes à trois couches.

Le lest est formé avec des gueuses de fonte soigneusement arrimées au fond de la quille sur une couche de béton.

Manœuvres.

Les manœuvres du bateau-porte sont de deux sortes : il faut pouvoir l'échouer dans ses enclaves et ensuite le relever pour l'en sortir.

Pour faire couler la porte dans ses enclaves, il faut d'abord remplir les caisses à eau. Comme ces caisses sont placées plus bas que le niveau de l'eau extérieure, il suffit d'ouvrir les robinets qui les font communiquer avec l'extérieur. Cette manœuvre se fait de la passerelle à l'aide de tringles équilibrées placées dans la cheminée centrale.

Les caisses pleines, le tirant d'eau de la porte s'élève à environ 0,250 *m* au-dessus du pont du ressaut.

Pour terminer l'échouage, on fait communiquer les compartiments supérieurs avec l'extérieur, en ouvrant les soupapes placées sur le pont du ressaut.

La manœuvre de ces soupapes se fait également de la passerelle,

Lorsque la porte repose au fond de ses enclaves, le niveau de l'eau dans les compartiments supérieurs est le même que celui de l'eau extérieure.

On ferme alors tous les robinets, vannes et soupapes de la porte, et on peut épuiser l'eau du bassin.

Pour la relever, on ouvre les vannes pour remplir le bassin, puis les soupapes qui font communiquer les compartiments supérieurs avec l'extérieur ; on épuise ensuite l'eau des caisses à l'aide d'une pompe disposée à cet effet ; cette pompe se manœuvre de la passerelle.

La porte se soulève d'elle-même jusqu'à ce qu'elle n'ait plus que 5,90 *m* de tirant d'eau. A ce moment, elle peut être dégagée de ses enclaves sans difficulté.

Calculs de stabilité.

Le déplacement du bateau-porte, avec 5,90 *m* de tirant d'eau, est de 259,743 m^3, soit en eau de mer :

259,743 $m^3 \times$ 1 026 *kg* = ... 266,496 *tx*

Le poids du bateau, avec ses accessoires s'élève à . . . . . 150,878 *tx*

Le poids du lest, en fonte et en béton, est de :

266,496 *tx* — 150,878 = ... 115,618 *tx*

La distance du centre de gravité de la coque et de ses accessoires, au-dessus du dessous de la quille, est de 5,000 *m*.

Celle du lest en fonte et en béton, au même point, est de 1,050 *m*.

Nous obtiendrons le centre de gravité de tout le système par le calcul suivant :

$$150\,878\ kg \times 5{,}000\ m = 754\,747\ km$$
$$115\,618\ kg \times 1{,}050\ m = 121\,398\ km$$
$$\overline{266\,496\ kg \times 3{,}287\ m = 876\,145\ km}$$

La distance du centre de gravité au-dessus du dessous de la quille est égale à 3,287 *m*.

La distance du centre de carène au-dessus du dessous de la quille est égale à 3,720 *m*.

La distance du centre de gravité au centre de carène est donc de :

$$3{,}720\ m - 3{,}287\ m = 0{,}433\ m.$$

La distance du métacentre au centre de carène est donnée par l'expression :

$$\rho = \frac{2\left(1\,(\overline{4.475^3}+\overline{4.425^3}+\overline{4.30^3}+\overline{4.075^3}+\overline{3.775^3}+\overline{3.40^3}+\overline{2.95^3}+\overline{2.45^3}+\overline{1.85^3}+\overline{1.1}\right.}{12\times 259.743}$$

$$\rho = 0{,}298$$

Le bras de levier métacentrique est égal à :

$$r - a = 0{,}433 + 0{,}298 = 0{,}731\ m.$$

Lorsque les caisses sont remplies d'eau, la valeur de $r - a$ n'est plus que de 0,523 ; ce qui est encore très suffisant.

Le volume des caisses à eau est de 27 m^3; elles peuvent contenir un poids d'eau de mer de 27 702 kg.

Lorsque les deux caisses sont remplies, le tirant d'eau s'élève à environ 0, 250 m au-dessus du milieu du pont du ressaut.

Le tirant d'eau total est d'environ :

$$6{,}10\,m + 0{,}05 + 0{,}25 = 6{,}400\,m$$

Résultats des calculs avec le tirant d'eau de 7,50 m correspondant aux mers moyennes.

Poids total du bateau à flot	266,496 tx
Poids de l'eau contenue dans les flotteurs.	27,702
Poids de l'eau contenue dans les compartiments, au-dessus du pont du ressaut	32,734
Poids total du bateau échoué au fond de sa rainure. .	326,932
Poids total de l'eau de mer déplacée par le bateau échoué au fonds de sa rainure : $206{,}496\ tx + 13{,}130\ tx + 2{,}070\ tx + 25{,}318\ m^3 \times 1{,}35\ m \times 1\,026\ kg =$	316,764
Force maintenant le bateau échoué.	10,168
Force tendant à soulever le bateau.	175,34

Résultats des calculs avec le tirant d'eau de 9,20 m correspondant aux hautes mers

Poids total du bateau à flot	266,496 tx
Poids de l'eau contenue dans les flotteurs.	27,702
Poids de l'eau contenue dans les compartiments au-dessus du pont de ressaut	69,789
Poids total du bateau échoué au fond de sa rainure. .	363,987

Poids total de l'eau de mer déplacée par la porte échouée au fond de sa rainure. 356,819
Force maintenant le bateau échoué. 7,178
Force tendant à soulever le bateau ou force émersive. 20,524

Calculs de résistance.

Calculs des membrures nos 10, 11, 12, 13 et 14

Elles sont formées de deux nervures de 300 *mm* de hauteur, qui reposent sur six appuis espacés de 4 *m*.

Les deux appuis extrêmes sont les maçonneries des bajoyers et les quatre appuis intermédiaires, des aiguilles verticales dont nous déterminerons la résistance plus loin. Les aiguilles reposent, à leur partie inférieure, sur le seuil du radier et, à leur partie supérieure, sur les membrures nos 7, 8 et 9.

Celles-ci ont une section suffisante pour supporter, en outre de leurs propres charges, les réactions des membrures nos 10, 11, 12, 13 et 14.

Nous pouvons donc considérer les nervures des membrures 10, 11, 12, 13, 14, comme des pièces reposant sur six appuis espacés de 4 *m* et uniformément chargées.

Les charges qu'elles supportent par mètre courant sont égales :

Membrure no	10	3 330 *kg*
—	11	3 640
—	12	3 950
—	13	4 260
—	14	4 570

Les moments fléchissants maximum sur les appuis ont pour valeur :

Membrure no	10 M*f*	5 600 *kgm*
—	11 M*f*	6 120
—	12 M*f*	6 640
—	13 M*f*	7 170
—	14 M*f*	7 695

Les nervures ont les sections ci-contre et leurs moments d'inertie, les valeurs suivantes

Membrures nos 10, 11 et 12 :

$$I = 0{,}00024076 \text{ et } \frac{I}{n} = 0{,}001160$$

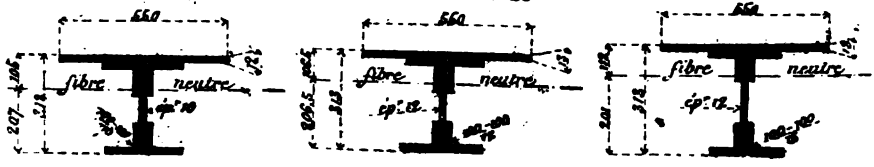
Membrure no 13 :

$$I = 0{,}00027854 \text{ et } \frac{I}{n} = 0{,}001348.$$

Membrure no 14 :

$$I = 0{,}00031437 \text{ et } \frac{I}{n} = 0{,}001564.$$

Membrures Nos 10, 11 et 12. Membrure No 13 Membrure No 14



De l'expression générale :

$$Mf = \frac{R\,I}{n}.$$

On tire :

Pour les membrures nos 10, 11 et 12 :

$$R = \frac{5\,600}{1\,160} = 4{,}82 \text{ } kg \text{ par } mm^2$$

$$R = \frac{6\,120}{1\,160} = 5{,}27 \text{ } kg \quad —$$

$$R = \frac{6\,640}{1\,160} = 5{,}72 \text{ } kg \quad —$$

Pour la membrure no 13 :

$$R = \frac{7\,170}{1\,348} = 5{,}31 \text{ } kg \text{ par } mm^2.$$

Pour la membrure no 14 :

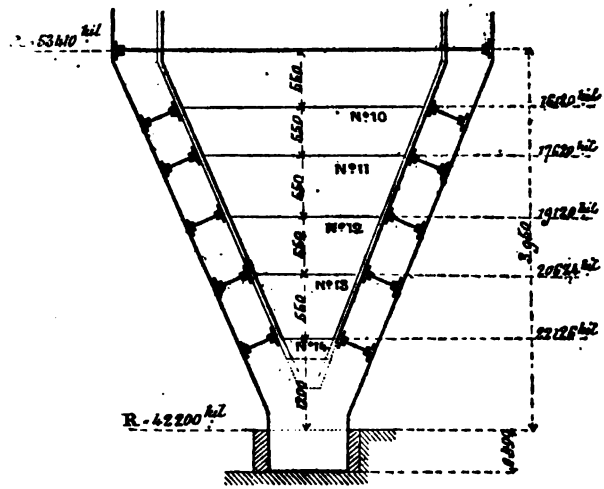
$$R = \frac{7\,695}{1\,564} = 4{,}92 \text{ } kg \text{ par } mm^2$$

Calculs des aiguilles supportant les réactions des membrures nos 11, 12, 13 et 14

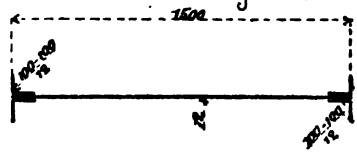
Les réactions des membrures nos 11, 12, 13 et 14 sur les aiguilles, peuvent être évaluées comme ci-dessous :

Membrure no 10	=	16 120 *kg*
— 11	=	17 620 —
— 12	=	19 120 —
— 13	=	20 624 —
— 14	=	22 126 —

Les aiguilles pourront être considérées comme des pièces reposant sur deux appuis espacés de 3,950 *m* et supportant, tous les 0,550 *m*, les réactions indiquées ci-dessus :



Section des aiguilles



Le maximum du moment fléchissant a pour valeur :

$$Mf = 60\,882\ kgm.$$

Le moment d'inertie des aiguilles est égal à :

$$I = 0{,}006971 \text{ et } \frac{I}{n} = 0{,}009290,$$

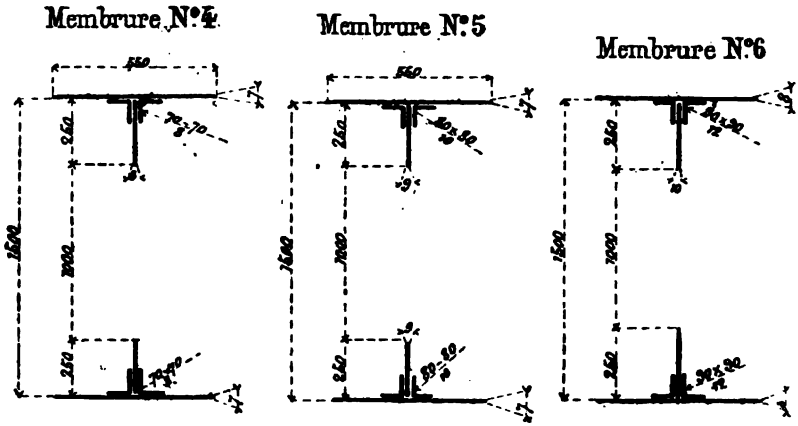
De l'expression $Mf = \frac{RI}{n}$, on tire :

$$R = \frac{53\,410}{9\,290} = 5{,}74\ kg.$$

CALCULS DES MEMBRURES N^{os} 4, 5 ET 6

Ces pièces reposent sur deux appuis espacés de **20** *m* et supportent des charges uniformément réparties qu'on peut évaluer, par mètre courant, comme ci-après :

Membrure n° 4. $p = 1\,150$ *kg*
— 5. $p = 1\,470$ —
— 6. $p = 1\,780$ —



Les moments fléchissants maximum ont pour valeur :

Membrure n° 4. $Mf = 57\,500$ *kgm*
— 5. $Mf = 73\,500$ —
— 6. $Mf = 89\,000$ —

et les moments d'inertie :

Membrure n° 4. $I = 0{,}0082016$ et $\frac{I}{n} = 0{,}010836.$

— 5. $I = 0{,}009322$ et $\frac{I}{n} = 0{,}012314.$

— 6. $I = 0{,}011204$ et $\frac{I}{n} = 0{,}014780.$

De l'équation générale $Mf = \frac{RI}{n}$, on déduit :

Membrure n° 4. $R = \frac{57\,500}{10\,836} = 5,kg\ 30$ par millimètre carré.

— 5. $R = \frac{73\,550}{12\,314} = 5,97\ kg$ —

— 6. $R = \frac{89\,000}{14\,780} = 6,02\ kg$ —

Il résulte des calculs qui précèdent que, dans les conditions les plus défavorables, les divers éléments de la porte ne travailleront pas à plus de 6 *kg* par millimètre carré.

CALCULS DES MEMBRURES N^{OS} 7, 8 ET 9

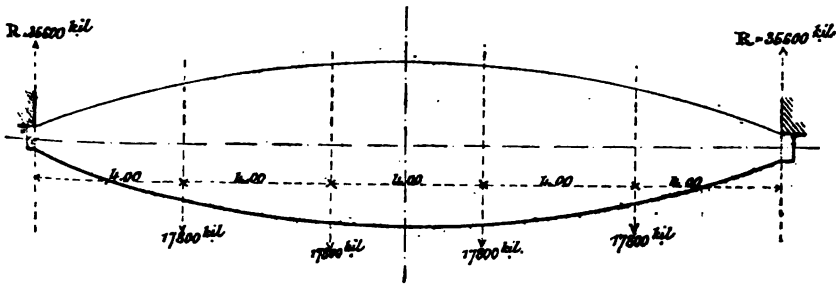
Nous considérons ces pièces comme reposant librement sur deux appuis espacés de 20 *m*.

Les charges uniformément réparties qu'elles supportent par mètre courant sont respectivement égales à :

Membrure n° 7. $p = 2\,400$ *kg*
— 8. $p = 2\,710$ —
— 9. $p = 3\,020$ —

et les moments fléchissants maximum ont pour valeur :

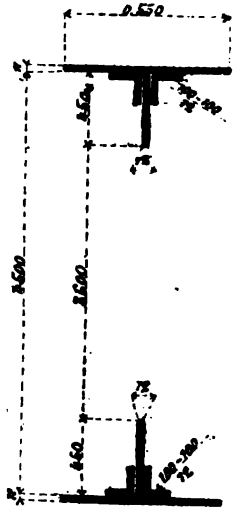
Membrure n° 7. $Mf = 120\,000$ *kgm*
— 8. $Mf = 135\,500$ —
— 9. $Mf = 151\,000$ —



Aux moments fléchissants dus aux charges uniformément réparties, il faut ajouter celui qui provient des réactions des aiguilles, et l'on obtient :

Total Mf, membrure n° 7. $120\,000 + 213\,600 = 333\,600$ *kgm*
— — 8. $135\,500 + 213\,600 = 349\,100$ —
— — 9. $151\,000 + 213\,600 = 364\,600$ —

Le moment d'inertie des membrures est égal à :



$$I = 0{,}150558 \text{ et } \frac{I}{n} = 0.066500.$$

De l'équation générale $Mf = \frac{RI}{n}$, on déduit :

Membrure n° 7. $R = \frac{333\,600}{66\,500} = 5{,}01$ *kg* par millimètre carré.

Membrure n° 8. $R = \frac{349\,100}{66\,500} = 5{,}25$ *kg* par millimètre carré.

Membrure n° 9. $R = \frac{364\,600}{66\,500} = 5{,}48$ *kg* par millimètre carré.

CHAPITRE IV

Machines et pompes d'épuisement et d'assèchement.

La capacité du bassin de radoub est d'environ 30 000 m^3, et la profondeur du radier au-dessous des hautes eaux, de 10,300 *m*. La hauteur d'élévation de l'eau varie donc de 0 à 10,300 *m*.

L'épuisement ne dure pas plus de six heures. Il se fait à l'aide de deux machines motrices et de deux pompes d'épuisement installées à gauche de l'entrée du bassin dans une chambre spéciale qui communique, par l'intermédiaire d'un puisard et d'une galerie avec le bassin.

Les machines motrices sont du système Compound, verticales, avec condenseur par injection. Chacune d'elles actionne directement une pompe Dumont. Elles sont munies d'un régulateur à force centrifuge ayant pour but d'empêcher toute accélération au delà de la vitesse de 180 tours par minute, et elles fonctionnent à volonté avec ou sans condensation.

Chacune d'elles peut développer une puissance maximum de 172 chevaux indiqués en faisant 180 tours.

Leurs principales dimensions sont les suivantes

Diamètre du petit cylindre	0,380 *m*
Diamètre du grand cylindre	0,520 *m*
Course commune des pistons	0,500 *m*
Diamètre du plongeur de la pompe à air.	0,300 *m*
Course du plongeur	0,300 *m*

Les chaudières, au nombre de six, sont placées dans un bâtiment en communication avec la chambre des machines et recouvert par une toiture métallique. Quatre chaudières suffisent pour la marche des deux machines motrices.

Elles sont à foyer intérieur amovible avec tubes en retour et réservoir d'eau et de vapeur.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Timbre : 5 *kg*	
Surface de grille par chaudière	1,50 m^2
Surface de chauffe —	68,00 m^2
Diamètre intérieur des tubes	0,070 *m*
Épaisseur des tubes en laiton.	0,0025 *m*

Pour l'alimentation, on dispose de deux petits chevaux et de deux injecteurs Giffard.

La cheminée est construite en tôle zinguée; elle a 30 *m* de hauteur totale et 1,30 *m* de diamètre intérieur à la base.

Les pompes centrifuges Dumont sont semblables à celles qui sont employées à Toulon pour le même service. Leurs disques en bronze ont 1,60 *m* de diamètre. Les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0,500 *m* de diamètre. Ceux d'aspiration portent à leur partie inférieure des clapets de retenue et des crépines, et ceux de refoulement sont munis de vannes installées à leur partie supérieure. Ces vannes peuvent être manœuvrées de l'intérieur de la chambre des machines.

Les pompes sont, en outre, munies d'éjecteurs pour assurer leur amorçage après les arrêts.

Pour assécher le bassin, on dispose de deux pompes, système Thirion, placées dans la chambre des machines motrices.

Chaque appareil comprend une machine à deux cylindres horizontaux ayant 192 *mm* de diamètre et 280 *mm* de course, qui actionnent directement ceux des pompes, dont le diamètre est de 257 *mm*.

Elles peuvent élever chacune 200 m^3 d'eau à l'heure à une hauteur de 10,300 *m*.

Les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0,200 *m* de diamètre. Ceux d'aspiration portent, à leur partie supérieure, des vannes qui peuvent être manœuvrées de l'intérieur de la chambre des machines. Ceux de refoulement sont munis, à leur partie inférieure, de crépines et de clapets de pied.

Tous les tuyaux de refoulement viennent déboucher dans une galerie pratiquée dans la partie supérieure du bajoyer et communiquant avec la rivière, tout près de l'installation des machines.

CHAPITRE V

Organisation des chantiers.

Les difficultés du climat ont nécessité, pour l'organisation des chantiers, des précautions plus grandes que celles qu'on prend ordinairement en Europe. On a choisi de préférence les agents parmi des personnes qui, ayant déjà habité les pays chauds, possédaient les connaissances spéciales exigées par chaque partie du travail. On s'est aussi préoccupé de leur construire des habitations dans les meilleures conditions possibles et on a choisi à cet effet, pour les bureaux et ateliers, un emplacement à proximité du jardin botanique, c'est-à-dire loin de la fouille, pour éviter les émanations malsaines qui pourraient s'en dégager.

Le sol entourant la fouille a été relevé, tant pour le mettre à la hauteur des futurs bajoyers, que pour l'assainir immédiatement.

Pour débarquer les produits d'Europe et tous les matériaux, on a établi deux estacades munies de grues à vapeur et desservies par un réseau de voie ferrée (Pl. 223), à l'aide duquel on a pu faire sans peine le classement méthodique des matériaux destinés à la construction des caissons métalliques, des dragues, débarquement, bateaux; en un mot, de tout le matériel; et enfin des matériaux de construction : chaux, ciment, sable, moellons, pierres de taille, etc., etc.; car tout ou presque tout est arrivé par eau.

Le service des transports et remorquage entre les chantiers et la carrière de granit est assuré à l'aide de deux remorqueurs, l'un de 200 chevaux, l'autre de 100 environ, et de 12 chalands, dont 6 de 200 *tx* et autant de 40 *tx*.

A ce matériel, il faut ajouter une chaloupe à vapeur d'une vingtaine de chevaux, destinée à transporter rapidement nos agents partout où le réclame leur service.

L'examen de la planche 223 permet d'apprécier les dispositions générales du chantier, les emplacements de montage des caissons de fondation, des dragues et autres bateaux destinés à l'exécution de la fouillle à toute profondeur, la place des magasins à chaux et ciment, celle des manèges pour la confection du mortier, enfin l'atelier de réparations, dont l'importance est en rapport avec celle du chantier.

L'emplacement destiné à recevoir les déblais produits du dragage étant assez éloigné du centre du travail, nous avons pensé effectuer leur transport au moyen de l'eau, de façon à éloigner toutes causes d'insalubrité.

NOMENCLATURE DU MATÉRIEL EXPÉDIÉ

3	Grues à vapeur, ensemble.	25 chevaux	855 chevaux.
3	Bateaux à vapeur.	320 —	
1	Drague	80 —	
1	Débarquement flottant . .	100 —	
4	Locomobiles	50 —	
	Les machines motrices pour les compresseurs d'air (1)	280 —	

6 Bateaux de transport, de 200 *tx*, pour les déblais et matériaux.
6 — , de 40 *tx*, pour petits transports.
2 *Km* de voie, en rails de 18 *kg*, et accessoires.
50 Wagons à la voie de 1 *m*.
30 Wagonnets Decauville, et 300 *m* de voie de 0,50 *m*.
Outillage d'atelier pour forge et ajustage, charpenterie, etc.
Outillage de carriers pour l'exploitation de la carrière du Cap Saint-Jacques.
Échafaudages en bois, etc.
Compresseurs d'air, écluses à air, cheminées et accessoires

Il a fallu tout expédier d'Europe pour être assuré que rien ne manquerait et le programme tracé a été ponctuellement suivi.

Les terrassements de la première tranche de la fouille ont été faits à sec par les indigènes et les Chinois, et le transport des dé-

(1) Ces machines sont celles qui servent à actionner les pompes d'épuisement.

blais effectué avec des wagonnets Decauville et avec des tombereaux traînés par des bœufs. La partie inférieure a été exécutée par la drague.

La drague, construite pour creuser la fouille, est restée à la Colonie après l'achèvement des travaux. Elle est exécutée suivant le type que nous avons fait établir pour le canal de Panama et pour le dérochement de la Charente maritime. Elle est susceptible d'être utilisée, soit pour ouvrir un chenal en pleine terre, soit pour approfondir jusqu'à 11 *m* de profondeur des canaux déjà existants.

La coque, en fer, a 35 *m* de longueur, 6,30 *m* de largeur, 2,50 *m* de creux.

Les chaudières ont 100 m^2 de surface de chauffe et la machine peut développer facilement 80 chevaux.

Le débarquement pour le transport des déblais, avec long couloir, est identique à ceux construits pour le canal de Panama et le creusement de la Charente.

Il est monté sur deux bateaux en fer de 27 *m* de longueur et 4,50 *m* de largeur. L'axe du carré de l'élinde est à 14,50 *m* au-dessus du niveau de l'eau, ce qui permet de transporter les déblais mélangés d'eau à 4 ou 500 *m* de distance de la rive et à 6 *m* au-dessus du plan d'eau.

Les bateaux de transport sont en fer et disposés de façon à servir au transport des matériaux et des produits du dragage. Après l'exécution des travaux du bassin de radoub de Saïgon, la Marine a pris possession d'un matériel de dragage très approprié, qu'elle pourra utiliser pour l'entretien des nombreux canaux et rivières et le creusement de quelques nouvelles voies navigables réclamées par la Colonie.

Le montage des caissons de fondation a été fait dans une enceinte isolée de la rivière par un batardeau et tenue sèche à l'aide d'épuisements de peu d'importance.

Le montage du premier caisson terminé, on a laissé entrer l'eau dans l'enceinte pour le faire flotter et l'amener à sa place définitive de fonçage. On a opéré de même pour le second caisson et après on a remblayé la fosse pour augmenter la surface des terre-pleins.

Le travail de la maçonnerie a été exécuté sur le plafond et sur les bords, comme on l'a fait pour les bassins de radoub de Toulon, par tranches successives qu'on a élevées toujours au-dessus du niveau de flottaison, pour que les tôles du caisson ne soient jamais soumises à une pression latérale.

Ces tôles ne doivent servir, en réalité, qu'à isoler les maçonneries du contact de l'eau extérieure.

Les diagrammes de la planche 223 indiquent la disposition des massifs de maçonnerie, pour les diverses immersions des caissons.

Toutes ces maçonneries ont été faites avec du mortier de ciment de Portland, provenant des usines de Boulogne et de celles de MM. Pavin de Lafarge, du Theil. Ces derniers ont fourni, en outre, la chaux hydraulique dont on a eu besoin.

Le nettoyage des chambres de travail a été fait par siphonnage, après que chaque caisson a été amené à sa profondeur. On a effectué ensuite le remplissage des chambres de travail avec du béton introduit par des cheminées spéciales, permettant de faire près de 200 m^3 en vingt-quatre heures.

La jonction de la maçonnerie des deux caissons du bassin de radoub a été faite lorsqu'ils ont été complètement assis. Dans ce but, les caissons portaient chacun un aileron extérieur de 0,700 m de long, destiné à former batardeau pour le nettoyage du fond du joint et la confection de la maçonnerie de remplissage ou tout au moins de limiter par avance l'espace à remplir.

En outre, on a posé à l'extérieur et de chaque côté un panneau métallique renforcé et garni sur les deux côtés, du haut en bas, d'un bourrelet rempli de mousse destiné à faire le joint.

Cette disposition a permis de démonter les abouts métalliques des deux caissons et de relier les maçonneries aussi exactement qu'on l'a voulu.

Les parois métalliques supérieures des deux caissons ont pu être assemblées de telle façon qu'elles n'en formèrent plus qu'une seule.

Nous rappelons que ce travail de joint est la conséquence de la division du caisson principal en deux parties, comme nous l'avons dit au commencement.

Lorsque le travail de fondation a été tout à fait terminé, on a exécuté le pavage du radier et l'élévation des bajoyers, puis on a achevé la chambre des machines et réuni par une garniture métallique l'espace entre les deux caissons pour le passage de l'aqueduc conduisant les eaux au puisard.

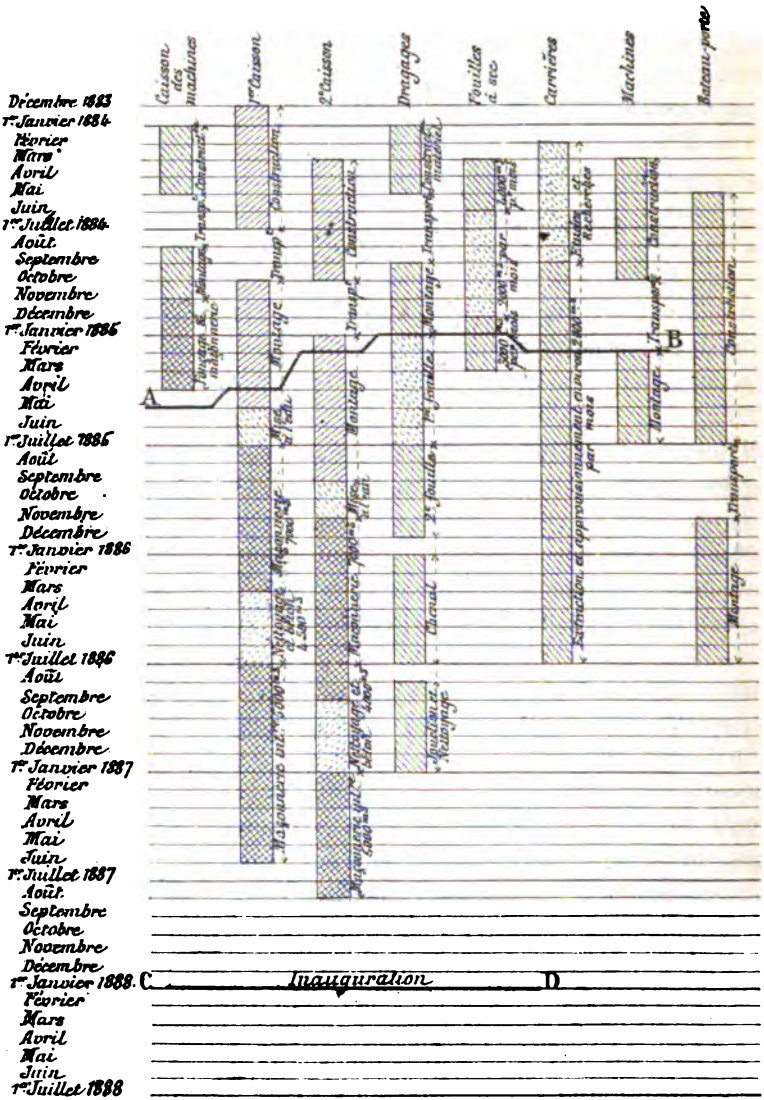
Le bateau-porte a été monté à l'intérieur du bassin de radoub, de façon que, lorsque l'on a pu enlever le batardeau métallique de la tête d'aval, le bassin se trouvât prêt à être mis en service.

Pendant l'exécution des maçonneries et après le creusement des fouilles du bassin à flot, le matériel de dragage a été utilisé

pour le creusement du chenal d'accès, de telle façon qu'il fût terminé en même temps que les maçonneries.

Afin de rendre plus facilement appréciables les délais d'exécution des travaux, nous avons fait un programme détaillé des principales opérations de la construction.

Une ligne AB, tracée sur ce programme, indique la situation au 1er mai 1885, et la ligne CD, au 1er janvier 1888, indique l'achèvement.



NOUVELLE SEMELLE

OU

PLAQUE NORMALE POUR RAILS

DE DIFFÉRENTES SECTIONS

PAR

M. C.-P. SANDBERG

Le projet du nouveau rail Goliath, étudié cette année, a subi diverses modifications : la tête en a été élargie et le patin au contraire rétréci en vue de l'emploi d'une semelle ou plaque en acier. Le défaut des voies consiste presque toujours dans la manière insuffisante dont est fixé le rail aux traverses, ainsi que dans la courte durée de la traverse en bois. Chaque année, le bois devient plus tendre, et, par conséquent, sa durée plus courte ; aussi le maintien des traverses forme-t-il la plus grande somme d'entretien de la voie. La largeur du patin varie de 3 1/2 pouces jusqu'à 4 1/2 pouces, c'est-à-dire de 90 *mm* jusqu'à 114 *mm* pour les sections de 25 *kg* jusqu'à 35 *kg*, et de 5 pouces, soit 125 *mm*, pour le Goliath de 50 *kg*. On a laminé des rails avec un patin plus large, comme de 6 pouces à 6 1/2 pouces, soit 150 et même 163 *mm*, mais avec beaucoup de difficulté et un prix élevé. Avec une surface de traverse de 8 pouces, soit 200 *mm*, la surface de support varie de 28 pouces jusqu'à 40 pouces carrés, mais les traverses sont souvent coupées semi-circulaires et la surface plate est tournée en bas dans le ballast, ce qui réduit la surface, utile pour le support de rails, jusqu'à la moitié. L'augmentation de poids du matériel roulant enfonce rapidement le

patin dans le bois, détruisant ce dernier en peu de temps, et la durée des traverses en bois tendre, comme le sapin, n'est que de sept ou huit ans. Pour cette raison, l'introduction de traverses métalliques est un remède radical pour tous les pays ne possédant que du bois tendre. Mais il y a aussi des pays où le coût des traverses en métal est trop élevé et n'est pas en rapport avec le prix du bois, surtout si on pouvait augmenter la durée des traverses en leur donnant une surface plus grande. Il faut alors avoir recours à l'emploi de plaques ou semelles, si l'on veut obtenir une voie aussi forte et durable que celles de l'Angleterre avec le rail Burley et les coussinets en fonte. Ces coussinets ont une surface d'environ 100 pouces carrés, et les traverses, par conséquent, durent à peu près le double, c'est-à-dire douze à quatorze années.

Ces coussinets sont fixés par de gros boulons ou vis à bois. Naturellement, lorsqu'on emploie des traverses en chêne, la durée de ces dernières est plus longue et l'emploi des semelles moins important. Mais pour les autres, pour le bois tendre, une semelle ou plaque en acier est indispensable.

J'ai construit une plaque d'une surface de 112 pouces carrés, c'est-à-dire de 7 à 16 pouces et d'une épaisseur d'un demi-pouce, qui peut être fixée aux traverses de la même manière que le coussinet en fonte. Cette dimension, naturellement, peut être modifiée d'après les dimensions de traverses que l'on peut se procurer le plus facilement dans chaque localité, et la manière de fixer la plaque aux traverses est une affaire de goût pour chaque ingénieur. Comme cette plaque ou semelle donnera trois fois autant de surface que le patin du rail, la durée des traverses doit être au moins doublée.

Pour fixer le patin de rail dans cette plaque, on emploie de chaque côté une clef en acier, donnant un contact de 8 pouces contre le rail, au lieu d'un demi-pouce comme le crampon ou le boulon ou vis à bois, et, lorsqu'il faut changer les traverses, il suffit de repousser les clefs et de laisser tomber les traverses. L'inclinaison des rails à $\frac{1}{20}$, si elle est nécessaire, peut être obtenue de différentes manières, soit en coupant la surface du bois, soit en donnant une inclinaison à la plaque sur la largeur du patin, soit enfin en laminant cette partie à une épaisseur différente. Le joint du rail peut être suspendu et laisser les

traverses au joint sans plaque, si on emploie les éclisses cornières qui donnent assez de surface pour le support sans plaque.

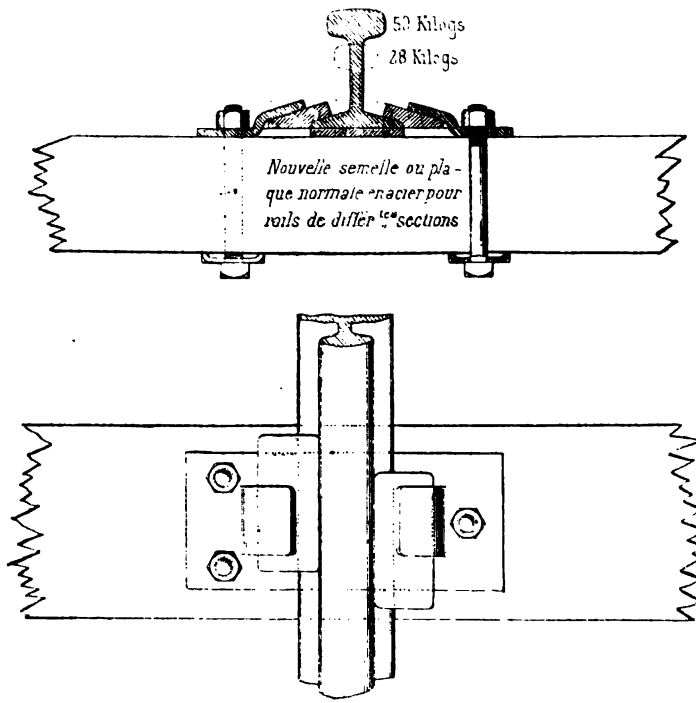
Les plaques employées ordinairement, c'est-à-dire d'une surface de 7 pouces carrés, sont beaucoup trop petites pour l'objet auquel elles sont destinées, et défectueuses par suite de la nécessité où l'on se trouve de mettre le trou du crampon à une position déterminée à un millimètre près, exactitude difficile à obtenir dans la pratique. La nouvelle plaque, par l'emploi de clefs, peut être utilisée malgré une petite variation de patin, et même, avec emploi de clefs différentes, elle peut servir pour des types de rails d'une largeur de 110*mm* jusqu'à 120*mm*, c'est-à-dire d'un poids de 28 *kg* jusqu'à 50 *kg*, et, par conséquent, mériter le nom de plaque normale applicable à peu près sur tous les chemins d'une largeur ordinaire. Par conséquent, elle peut être fabriquée en stock et obtenue à meilleur marché. Comme dépense, cette plaque est toujours moins chère que le coussinet en fonte. Elle pèse environ 8 *kg* et coûte, au prix ordinaire, en Angleterre, 150 *f* la tonne alors que le coussinet pèse 20 à 25 *kg* et coûte la moitié par tonne. Par suite, la plaque représente une économie d'un tiers sur le prix du coussinet.

La plaque peut être appliquée en toute circonstance et sans préparation, lorsqu'on change une traverse. En outre, comme elle ne pèse que 8 *kg*, elle laisse à la voie son élasticité normale; et en l'employant graduellement au fur et à mesure du changement des traverses, on obtiendra de bons résultats au point de vue du maintien de la voie, dès qu'on aura deux ou trois traverses avec plaque ou semelle, par chaque rail.

En envisageant la question sur toutes ses faces, l'introduction de plaques normales semble donc indispensable pour maintenir l'écartement de la voie et pour prolonger la durée des traverses, surtout lorsqu'elles sont en bois tendre. Cette solution semble même plus pressante, pour le moment, que l'adoption de rails Goliath, parce qu'il ne peut être question de ceux-ci que dans les grandes lignes, tandis que l'emploi de plaques est important pour toutes les voies, même les embranchements, et que l'économie obtenue se manifeste rapidement. Le but à atteindre par tous les chemins de fer, en employant le rail en patin, est d'arriver à une perfection de la voie comme celles de l'Angleterre avec le rail en double Burley et coussinet en fonte, et ce résultat ne peut pas s'obtenir sans l'adoption d'une semelle ou plaque, et, naturellement, avec une augmentation de poids de rail correspon-

dante au poids du matériel roulant et à la vitesse dans chaque cas. Et, pour aller par degrés, il semble donc que l'adoption d'une plus grande base devrait être le premier pas pour la sûreté des lignes et pour l'économie de traverses; cela épargnerait nos forêts, et, dans beaucoup de pays, serait un intermédiaire entre les traverses métalliques et celles en bois tendre. Le modèle de ces plaques normales applicables aux rails normaux de 28 *kg*, que j'ai étudié en 1878, et d'après lequel un demi-million de tonnes sont déjà fabriquées, ainsi que le modèle de celles pour rail Goliath de 50 *kg*, type de cette année, sont exposés dans la classe 61, matériel de chemins de fer, dans la galerie des machines, où on peut voir que la seule différence est dans la clef servant à fixer ces types extrêmes dans ces plaques.

Enfin, le dessin ci-dessous montre cette plaque appliquée au type ci-dessus qui peut être exploité par n'importe qui, sans brevet.



RÉCEPTION DES INGÉNIEURS AMÉRICAINS

DU JEUDI 20 AU MERCREDI 26 JUIN

Par M. L. CAEN

L'arrivée des Ingénieurs américains avait été annoncée pour le 20 juin, et une délégation de la Société des Ingénieurs civils, dont le bureau était représenté par MM. V. Contamin et P. Jousselin, vice-présidents, et M. A. Brüll, ancien président et président du Comité d'organisation, attendait les voyageurs à midi et demi sur le quai d'arrivée, à Calais, accompagnée des membres délégués, MM. D. Bandérali, L. Caen, C. de Fréminville, H. Hervegh, A. Maire, E. Pontzen, A. Brichaut, E. Leverbe, P. Regnard, membres de la Société.

Le vapeur, pavoisé aux couleurs américaines, anglaises et françaises, fait son entrée dans le port, salué par les acclamations de la délégation française qui reçoit les invités au buffet de la gare, où une collation leur est offerte.

L'expédition se composait d'environ trois cents personnes, comprenant les Ingénieurs américains et leurs familles; environ cinquante dames ou demoiselles accompagnaient nos invités.

Les Ingénieurs américains avaient constitué un Comité pour leur tournée en Europe et venaient en France après avoir passé dix jours en Angleterre auprès de leurs collègues anglais.

Le Comité était composé comme suit :

Comité des membres des Sociétés d'Ingénieurs américains pour le voyage en Europe (1889).

Président honoraire :

D. J. Whittemore, ancien président A. S. C. E. (1).

Président :

Henry R. Towne, président A. S. M. E., mem. A. S. C. E., M. I. M. E.

O. Chanute, ancien président A. S. C. E.

(1) Abréviations : A. S. C. E., représente la Société des Ingénieurs civils américains; A. S. M. E., Société des Ingénieurs Mécaniciens; A. I. M. E., Institut des Ingénieurs des Mines.

C.-J.-H. Woodbury, vice-président A. S. M. E., mem. A. S. C. E.
Thomas C. Clarke, mem. A. S. C. E.
Prof. F.-R. Hutton, secrétaire A. S. M. E., mem. A. I. M. E.
William H. Wiley, trésorier A. S. C. E., mem. A. I. M. E.
A. Dempster, mem. A. S. C. E.
William Kent, vice-président A. S. M. E., mem. A. I. M. E.
James Archibald, mem. A. S. C. E.
S.-W. Baldwin, directeur A. S. M. E.
Clark Fisher, mem. A. S. C. E.
J.-T. Hawkins, directeur A. S. M. E.
Dr. Herbert G. Torrey, mem. A. I. M. E.
George M. Bond, directeur A. S. M. E., mem. A. S. C. E.
William Forsyth, directeur A. S. M. E., membre A. I. M. E.
Oberlin Smith, mem. A. S. C. E., mem. A. S. M. E., mem. A. I. M. E.
E.-V. d'Invilliers, mem. A. I. M. E.

Trésorier :

Alfred E. Hunt, vice-président A. I. M. E., mem. A. S. C. E., mem. I. et S. Inst.

Secrétaire honoraire :

C.-E. Emery, mem. A. S. C. E., mem. A. S. M. E., mem. A. I. M. E

Secrétaire :

Charles Kirchhoff, Jr. directeur A. I. M. E., mem. A. S. M. E.

A l'arrivée à Calais, M. Bond remplaçait M. Kirchhoff comme secrétaire ; nous devons également mentionner MM Smith et Woods, qui ont secondé M. Bond. Ces Messieurs étaient presque des compatriotes ayant fait leurs études à Paris et connaissant parfaitement notre langue.

MM. Whittemore et Towne remercient la Société des Ingénieurs civils de leur bienveillante réception et leur font part de toute la satisfaction qu'ils éprouvent de la communication du programme des visites projetées.

Un train spécial offert gracieusement par la Compagnie du chemin de fer du Nord, sur la demande de M. Eiffel, président de la Société des Ingénieurs civils, était prêt pour transporter à Paris les Ingénieurs américains et M. Hottinguer, administrateur de la Compagnie, était venu au-devant de nos hôtes.

Le programme comportait la visite des ascenseurs des Fontinettes où M. Gruson, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, assisté de M. Delarasse, Ingénieur de la Société des Anciens Établissements Cail qui a construit ces ascenseurs, a bien voulu faire fonctionner l'appareil et écluser deux bateaux, l'un montant, l'autre descendant.

La visite a duré quarante-cinq minutes environ pendant lesquelles le train avait été se garer à la station la plus proche.

La note suivante, sur les ascenseurs des Fontinettes, nous a été communiquée par la Société des Anciens Établissements Cail. Cette note n'a pour but que de rappeler, en quelques mots, les parties essentielles de ce travail qui a fait l'objet de nombreuses et détaillées communications dans tous les ouvrages techniques, et, en particulier, dans l'*Engineer*, qui donne également la description de l'ascenseur de la Louvière sur le canal du Centre, près Mons, en Belgique.

Note sur le fonctionnement et la construction de l'appareil :

I. — Le canal de Neuffossé réunit les ports de Calais, Gravelines et Dunkerque aux lits canalisés de la Lys et de l'Escaut, au Nord, et au canal de Saint-Quentin, au Sud, faisant communiquer ainsi nos ports du Pas-de-Calais avec Lille et la Belgique, d'une part, et avec le bassin de la Seine et Paris, d'autre part.

Ce canal est, comme trafic, l'un des plus importants du Nord de la France ; malheureusement, en un point de son parcours, à 4 *km* en amont de Saint-Omer, il est interrompu, au lieu dit « les Fontinettes », par une série de cinq écluses superposées L'encombrement causé par ces écluses était devenu tel, depuis plusieurs années, qu'on fut obligé de consacrer la moitié de chaque semaine au passage des bateaux montants et l'autre moitié au passage des bateaux descendants. Ce règlement permit de réduire à une heure quarante minutes la durée du passage d'un bateau.

Ce délai est encore beaucoup trop long, en raison du trafic ; aussi, devant les plaintes des Chambres de commerce et des Conseils généraux du Nord et du Pas-de-Calais, le Ministre des Travaux publics fit mettre à l'étude les moyens de remédier à cet état de choses. Un concours fut ouvert en 1880, plusieurs projets furent présentés et, après examen des diverses propositions des concurrents, le Conseil général des Ponts et Chaussées se décida pour l'adoption d'un ascenseur hydraulique, système Clark, qui permet de réduire à moins de cinq minutes la durée du passage

des bateaux d'un bief à l'autre, en les laissant constamment à flot, ce qui est très important au point de vue de leur conservation.

II. — L'appareil se compose essentiellement de deux sas ou portions de canal capables de contenir les plus gros bateaux. Chacun de ces sas est en équilibre à l'extrémité d'une presse hydraulique, les deux presses communiquant entre elles par un tuyau muni d'une vanne.

Les deux sas et les deux presses sont identiques, et la grandeur des sas est déterminée par les dimensions des plus grands bateaux qu'ils doivent contenir. Sur le canal de Neuffossé, les bateaux jaugent environ 300 *t;* leur longueur est de 38,50 *m*, leur largeur de 5 *m*, leur tirant d'eau de 1,80 *m*. Les sas ont, en conséquence, 40 *m* de longueur, 5,60 *m* de largeur et 2 *m* de profondeur. La course des presses est fixée par la différence de niveau entre les canaux supérieur et inférieur : cette différence est de 13,13 *m*. Le diamètre des pistons hydrauliques est de 2 *m*.

Pour bien comprendre le fonctionnement de l'appareil, on doit remarquer que pour une profondeur d'eau déterminée dans un sas, le poids de ce sas est le même, qu'il contienne des bateaux ou non, et que, quand les deux sas sont de niveau, et la communication ouverte entre les deux presses, le système est en équilibre si les deux sas sont de même poids. Si, au contraire, les deux sas sont de poids différents, le plus lourd descendra en forçant le plus léger à monter.

Supposons le piston de l'une des presses en haut de sa course, le piston de l'autre presse au bas de sa course, et la vanne du tuyau de communication des deux presses fermée. Dans cette position, le sas placé à l'extrémité du piston sorti de sa presse sera au niveau du canal supérieur, et le sas placé à l'extrémité du piston enfoncé complètement dans sa presse sera au niveau du canal inférieur.

Introduisons un bateau dans chacun des sas, qui prolongent à ce moment chacun des canaux, et fermons les portes de ces sas et des canaux, de façon à isoler complètement les sas : rien ne sera troublé dans l'équilibre du système qui restera immobile. Si nous ouvrons alors la vanne de communication des deux presses, le sas supérieur descendra, tandis que le sas inférieur montera, et ce mouvement se poursuivra jusqu'à ce que les deux sas soient au même niveau.

A cet instant, les deux sas seraient au milieu de leur course et en équilibre sur leurs presses, qui contiennent la même hauteur

d'eau ; mais pour forcer le sas qui était au niveau du bief supérieur à descendre, au lieu de lui donner la même quantité d'eau qu'au sas inférieur, on l'a surchargé au début d'un poids égal à celui que contient une presse, en sorte qu'au lieu de s'arrêter au milieu de sa course, il poursuit son mouvement jusqu'à ce qu'il ait atteint le niveau du canal inférieur.

III. — Il résulte de ce qui précède que l'ascenseur est une sorte de balance hydrostatique formée de deux sas montés sur les pistons de deux grandes presses hydrauliques. La construction des sas n'offre aucune particularité remarquable : c'est une ossature en fer dont les diverses parties sont calculées d'après les règles connues de la résistance des matériaux. Les presses, au contraire, dépassent de plus du double, comme dimensions, les plus grandes presses existantes. Elles ont 2,08 *m* de diamètre intérieur, 13,13 *m* de course et fonctionnent sous une pression normale de 25 atmosphères.

IV. — En raison des difficultés de construction de semblables presses, on a cru devoir partager le problème en deux parties : faire d'abord une presse solide et, cette presse étant obtenue, la doubler intérieurement d'une enveloppe non résistante, mais flexible et étanche.

Dans cette solution, pour laquelle la Société des Anciens Établissements Cail s'est fait breveter en France et à l'étranger, la presse se compose d'anneaux en acier laminé sans soudure de 2,080 *m* de diamètre intérieur. Chaque anneau a, en section, la forme d'un rectangle de 0,055 *m* d'épaisseur et de 0,160 *m* de hauteur.

La qualité de l'acier des anneaux est telle, qu'il ne doit pas se rompre sous une traction inférieure à 60 *kg* par millimètre carré, ni présenter, au moment de la rupture, un allongement inférieur aux douze centièmes de sa longueur primitive. Les anneaux sont simplement superposés : pour empêcher des déplacements latéraux, ils sont emboîtés à mi-épaisseur par une feuillure de 0,005 *m* de hauteur.

Il est facile de se rendre compte qu'avec ces dimensions et ces qualités d'acier, une telle presse pourrait résister à une presse de 300 atmosphères.

Reste donc à assurer l'étanchéité.

A cet effet, l'intérieur de la presse est revêtu d'une enveloppe continue en cuivre de 0,003 *m* d'épaisseur, appliquée au maillet

contre les parois de la presse et ayant ses extrémités supérieure et inférieure rabattues pour être prises dans les derniers plateaux. De cette façon, l'eau sous pression ne rencontre aucun joint par où elle puisse s'échapper. Les viroles supérieure et inférieure, en acier forgé, sont entretoisées par des tirants. La stabilité de cette construction est parfaite : la presse, reposant sur le sol, n'a à supporter qu'un effort longitudinal modéré, presque nul, pour lequel les tirants sont plus que suffisants.

Pour permettre de juger ce projet, une virole d'essai de 1,80 *m* de hauteur a été construite : elle était constituée d'anneaux en acier, identiques à ceux décrits plus haut, et était revêtue intérieurement d'une chemise de cuivre de 0,0025 *m* d'épaisseur.

La pression fut élevée à l'intérieur de la virole d'essai jusqu'à 170 atmosphères, sans qu'on pût remarquer une trace de suintement et sans que le métal des anneaux indiquât, par un allongement permanent, qu'on eût atteint la limite d'élasticité.

C'est à la suite de cet essai que le Ministre des Travaux publics a, sur la proposition de l'Administration des Ponts et Chaussées, autorisé l'adoption de ce système de presse actuellement en service sur le canal de Neuffossé. Depuis le 8 juillet 1888, date de l'inauguration par M. le Ministre des Travaux publics, l'ascenseur a reçu, jusqu'au 19 mai 1889, 9136 bateaux jaugeant ensemble 1 261 800 *t*.

Après cette visite fort intéressante, les visiteurs, après avoir remercié chaleureusement M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, remontent dans le train spécial, qui part aussitôt.

A 9 heures du soir, le train arrivait à Paris où les délégués français se mettaient à la disposition des Américains pour leur fournir les renseignements qui pouvaient leur être nécessaires pour gagner leur domicile.

Des cartes pour la fête du parc Monceau, qui devait avoir lieu le soir, étaient distribuées à ceux que le voyage n'avait pas trop fatigués; ces cartes avaient été offertes par M. Alphand.

Pendant le trajet de Calais à Paris, les cartes et les insignes étaient distribués aux Américains et on profitait de ce seul moment où se trouvaient réunis tous nos hôtes pour faire circuler des listes d'inscription pour quelques visites supplémentaires non portées au programme.

Le vendredi 21 juin, lendemain de l'arrivée, avait été laissé à nos hôtes pour leur permettre de s'installer et de prendre l'air de

la capitale; la plupart étaient venus faire inscrire leur nom et leur adresse à l'Hôtel de la Société.

Le lendemain matin samedi 22 juin, à 10 heures, le Président de la Société des Ingénieurs civils et le Bureau de la Société recevaient les Américains au salon de la Société, classe 63, au 1er étage de la Galerie des Machines. Après avoir présenté ses collègues aux présidents de la Société des excursionnistes, M. G. Eiffel leur adresse les paroles suivantes :

Messieurs,

Je suis heureux d'avoir aujourd'hui, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, à faire accueil aux Ingénieurs civils américains, à les assurer de la haute estime en laquelle nous les tenons, et à tâcher de nous acquitter de notre mieux de la reconnaissance que nous leur devons pour la sympathie qu'ils ont toujours manifestée aux Ingénieurs français qui sont allés étudier en Amérique les remarquables travaux de toutes sortes, par lesquels les Ingénieurs américains se sont illustrés.

Je vous souhaite donc, Messieurs, la plus cordiale bienvenue, et je vous invite à venir avec nous visiter ce que notre Exposition pourra vous offrir de plus intéressant. J'espère que vous voudrez bien en rapporter un souvenir qui créera un nouveau lien d'amitié entre nos deux pays.

Après ces quelques mots de bienvenue, M. Eiffel les invite à se diriger vers la gare de la Galerie des Machines, où M. Decauville les attend pour les transporter par un train mis gracieusement à leur disposition au pied de la Tour de 300 mètres.

M. Contamin, Ingénieur à l'Exposition et président de la Société, venait de terminer la réception de ce nouveau tronçon pour permettre à la Société des Ingénieurs civils d'en donner la primeur à ses hôtes.

M. Grille, Ingénieur, directeur de l'exploitation du chemin de fer Decauville à l'Exposition, avait organisé un train spécial.

Aux Ingénieurs américains s'étaient joints un grand nombre de nos collègues de la Société des Ingénieurs civils, ce qui portait le nombre des ascensionnistes à 500 environ. Malgré ce grand nombre, grâce aux dispositions prises par le Comité de réception, tout s'est passé dans le plus grand ordre ; des commissaires placés au pied de la Tour et aux diverses plates-formes, guidaient les invités et leur donnaient tous les renseignements nécessaires à la régularité du service.

A la première plate-forme, au restaurant Brébant, était préparé un déjeuner pour 500 personnes et à midi et demi tout le monde était à table ; chacun avait été guidé par les commissaires spéciaux du banquet sous la direction de MM. Godillot et Gottendorf, commissaires généraux.

A la table d'honneur M. Eiffel présidait, ayant à sa droite M. W. Reed, ministre des États-Unis, et à sa gauche M. le général Francklin, commissaire général des États-Unis à l'Exposition ; M. Whittemore, président honoraire ; M. Towne, président des Ingénieurs américains, ainsi que Mmes Whittemore et Towne ; MM. Torrey, Chanute, Woodbury, Oberlin Smith, etc., membres du Comité de la Société américaine ; MM. Berger, amiral Mouchez, Haton de la Goupillière, Bechmann, etc., qui avaient accepté l'invitation de la Société des Ingénieurs civils.

Pendant le repas, la plus franche cordialité règne parmi les convives, et nos invités ne cessent de témoigner à leurs collègues français tout le plaisir qu'ils éprouvent à assister à une aussi brillante réception.

Au dessert, M. Eiffel se lève et prononce les paroles suivantes :

Toast de M. Eiffel, au banquet du 22 juin 1889, au premier étage de la tour de 300 mètres.

MESSIEURS,

Ma première parole doit être pour vous renouveler les souhaits de bienvenue que je vous ai adressés ce matin au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, et pour vous témoigner des sentiments de haute estime dans laquelle nous tous ici tenons le grand peuple américain, à la prospérité duquel je lève en ce moment mon verre. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

Je porte donc la santé de M. le Président des États-Unis et je bois à M. le général Harrison et à son éminent représentant ici (M. Reed). *(Bravo ! Bravo ! — Nouveaux applaudissements).*

Vous voudrez bien aussi me permettre d'y joindre celle du Président de la République Française, M. Carnot *(Bravo ! Bravo ! Longs et vifs applaudissements)* et ce, à un double titre : il est non seulement le premier magistrat de notre pays, dont il a conquis l'estime et le respect par une vie intègre entièrement consacrée au bien public et à l'accomplissement de son devoir, mais encore il est un Ingénieur distingué, et, à ce titre, nous pouvons, aussi bien Ingé-

nieurs français qu'américains,le réclamer comme un des nôtres. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)*

Je porte donc la santé de M. Carnot, Président de la République Française.*(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

MESSIEURS,

Nous sommes très fiers de vous recevoir ici, vous, Ingénieurs américains, qui pouvez être comptés parmi les premiers Ingénieurs du monde. *(Très bien ! Très bien !)*

Vous avez créé dans toutes les branches de l'art de l'Ingénieur des travaux d'une hardiesse et d'une science que nous avons souvent admirées. Les grands fleuves que vous aviez à traverser, les abimes que vous aviez à franchir dans le tracé de ces grandes lignes de chemins de fer dont nous n'avons pas de similaires sur notre vieux continent, vous ont obligés à réaliser des ouvrages d'une ampleur inconnue chez nous.

Vous avez porté à sa perfection le système des ponts suspendus par votre admirable pont de Brooklyn, et en ce moment les beaux ponts de votre type actuel Cantilever sont connus de nous tous et inaugurent une voie nouvelle dans laquelle beaucoup de nations vous ont déjà suivis. *(Applaudissements.)*

Non seulement vous faites grand, mais encore tous vos travaux s'exécutent avec une rapidité qui est une des caractéristiques de votre activité et du génie de votre race. *(Nouveaux applaudissements.)*

Vous savez adapter avec une merveilleuse facilité les moyens d'exécution aux nécessités et aux circonstances locales; vos ouvrages sont en bois, en fer ou en acier, ou même en maçonnerie; vous employez la voie large ou la voie étroite, selon les ressources dont vous disposez et les exigences du problème que vous avez à résoudre; vos solutions sont toujours hardies, franches et nettes. *(Très bien ! Très bien !)*

Vous comprendrez que par la nature des travaux auxquels j'ai été moi-même mêlé, j'insiste d'une façon spéciale sur le rang que vous tenez dans l'art des constructions. *(Applaudissements.)*

Dans l'exploitation de vos immenses réseaux de chemins de fer, vous vous attachez sans cesse aux perfectionnements qui peuvent profiter à vos Compagnies aussi bien qu'au public. L'impression générale qu'ils laissent est excellente, et le voyageur y trouve des commodités dont quelques-unes sont encore inconnues sur nos lignes.

Ce que vous avez fait pour votre navigation intérieure est à la hauteur de ce que vous avez entrepris pour les voies ferrées.

La navigation du Saint-Laurent embrasse plus de 2 300 milles et vous la perfectionnez constamment à ce point qu'on peut entrevoir le jour où les navires de mer remonteront jusqu'aux ports tels que Chicago qui reçoivent les grains de vos immenses plaines.

Vous avez par vos travaux à l'embouchure du Mississipi, et par la fixation de ses rives, permis aux grands navires de remonter jusqu'à la Nouvelle-Orléans.

Vos travaux de voirie, vos distributions d'eaux notamment, ont depuis longtemps fixé l'attention des spécialistes : votre éclairage électrique a montré la voie, pour les applications sur la plus vaste échelle. Puis-je ne pas nommer à ce sujet Edison, votre célèbre compatriote ? (*Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.*)

Vos progrès en métallurgie sont à la hauteur de ceux qui se sont manifestés dans l'établissement de vos voies de communication.

Vous avez été l'un des premiers peuples à employer l'acier pour vos rails. Vos établissements métallurgiques, notamment ceux de la Pensylvanie, dépassent en importance tout ce que nous avons en Europe.

Quant aux arts mécaniques, vous tenez également l'un des premiers rangs dans le monde. Vous avez vite atteint, et peut-être dépassé, vos maîtres du continent.

Votre préoccupation constante est celle d'une amélioration de votre outillage permettant de réduire la main-d'œuvre à son minimum et d'arriver à des produits d'une régularité et d'une précision irréprochables.

Mais le sujet que j'effleure ici, dans ces quelques paroles, est trop vaste pour être traité comme il mériterait de l'être.

Je dois être bref, et je me bornerai à vous dire : Messieurs les Américains, dans tous vos divers travaux vous faites bien et grand ; votre préoccupation constante est celle de l'incessant progrès, et malgré tout le respect que vous avez pour vos prédécesseurs, vous êtes toujours poursuivis par la ferme volonté de faire mieux qu'eux. C'est là, je pense, la principale raison du rapide et considérable développement de l'industrie de votre pays et de l'accroissement de sa richesse.

Vous en êtes, Messieurs, les principaux auteurs, et je vous en adresse, au nom du progrès général, mes chaleureuses félicitations. Je suis sûr d'être l'interprète des sentiments des Français qui sont ici en vous assurant de la solidarité et de l'amitié qui

unissent notre République à la vôtre. *(Bravo ! Bravo ! Hip ! Hip ! Hip ! Hurrah ! — Enthousiasme.)*

Je bois donc, Messieurs, à la prospérité des Sociétés des Ingénieurs des États-Unis que vous représentez ici :

A la Société des Ingénieurs civils,

A celle des Ingénieurs miniers,

Et à celle des Ingénieurs mécaniciens! *(Hurrah ! Hurrah ! — Triple salve d'applaudissements.)*

Après ce discours, salué par des applaudissements prolongés, M. Towne prend la parole; nous reproduisons la partie française de l'allocution qui est une traduction et le développement de la partie anglaise :

« Ingénieurs Américains,

» Messieurs,

» Au nom de mes collègues des Sociétés américaines d'Ingénieurs, j'ai l'honneur de vous présenter nos sincères remerciements pour votre cordiale réception.

» En venant en France, l'Américain, même s'il ne sait pas votre langue, ne croit pas entrer dans un pays étranger. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements.)*

» Il y a plus de cent ans, la France a noué avec l'Amérique ces liens d'amitié étroite qui, plus forts aujourd'hui que jamais, tiennent nos deux pays unis dans une fraternelle destinée. C'est notre espoir et notre conviction à une éternelle durée. Après l'Angleterre, notre mère patrie, nous, citoyens du Nouveau Monde, nous devons plus à la France qu'à aucun autre pays. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

» Ce sont des explorateurs français qui ont découvert de nombreuses parties de notre continent; ce sont les armées de la France qui nous ont donné l'aide opportune et puissante grâce à laquelle nous avons pu conquérir notre indépendance; c'est la générosité et la bonne amitié de la France qui nous ont permis l'acquisition de pays qui forment aujourd'hui plus de la moitié de notre territoire habité. Notre langue est en grande partie tirée de la vôtre; votre littérature, plus que celle d'aucun autre pays, excepté l'Angleterre, est aussi devenue la nôtre, et nulle autre part au dehors de la France, l'art français n'est tenu en aussi haute estime qu'en Amérique. Aux Ingénieurs et aux savants de France, nous devons, en commun avec le reste du monde, une reconnaissance qu'on ne saurait exagérer.

» Les noms de Carnot, Regnault, Morin, Tresca, Prony, ne sont pas plus familiers en France qu'en Amérique. *(Très bien! Très bien.)*

» Au nom des Ingénieurs américains, je vous présente de nouveau des remerciements pour la cordialité de votre accueil, pour le sentiment si hospitalier qui vous a dicté les dispositions que vous avez prises pour nous recevoir.

» Et nous vous remercions surtout pour les sentiments d'amitié internationale dont nous voyons la preuve dans tout ce que vous faites pour nous, sentiments que nous apprécions plus que toutes choses. Tandis que le présent magnifique de la France à l'Amérique, l'œuvre immortelle de votre grand artiste Bartholdi, dont nous voyons ici la représentation si artistique, se dresse à la porte du nouveau monde, ici, dominant la capitale de la France, la plus belle cité du monde, s'élève majestueusement cette tour métallique, le chef-d'œuvre de l'honorable Président de la Société des Ingénieurs civils, qui symbolise la parfaite union qui peut exister dans les œuvres du Génie civil, entre l'art et l'industrie. *(Bravo! Bravo! — Applaudissements enthousiastes.)*

» Puisse l'amitié entre les Ingénieurs de France et d'Amérique, si heureusement établie en ce jour, s'affirmer de nouveau par des visites semblables aux États-Unis et puisse cette amitié être aussi durable que ces deux grands monuments, production de l'art français, dont les deux nations sont si justement fières! *(Bravo! Bravo! — Triple salve d'applaudissements.)* Cris de : *Vive M. le Président! Vive M. le Président! — Hip! Hip! Hip! Hurrah! Hurrah!*

Vive M. Towne!

M. Brüll. — *Vive M. Towne, le Président des Ingénieurs américains! (Bravo! Bravo! — Enthousiasme.)*

» Je regrette, Monsieur le Président, plus que je ne saurais le dire, que ma connaissance imparfaite de votre langue ne me permette pas de vous parler d'abondance en français et de vous présenter ainsi l'expression, même imparfaite, de ces sentiments de cordialité internationale et de bienveillance mutuelle que nous éprouvons à votre égard et qu'il me serait difficile de traduire complètement, soit dans votre langue, soit dans la mienne.

» En terminant, Monsieur le Président, j'ai la confiance que vous voudrez bien m'excuser d'avoir aussi largement usé de ma propre langue en cette occasion. Veuillez vous souvenir que la plupart de mes collègues ne comprennent pas le français et qu'en ne

parlant pas en anglais, je les aurais privés du plaisir et du privilège de marquer, par leurs applaudissements, la conformité de leurs sentiments avec ceux que je viens d'exprimer, et leur approbation de la conduite de leur représentant.

» Messieurs, je porte un toast à la Société des Ingénieurs civils et à son Président, M. Eiffel! *(Bravo! Bravo! — Longs et vifs applaudissements.)* »

Des vivats répétés, en faveur de M. Eiffel, de M. Towne, de la France, de l'Amérique et de la Société des Ingénieurs civils, accueillent ces paroles et l'enthousiasme est à son comble.

M. D. Bandérali demande la parole et porte en anglais la santé des dames présentes à la cérémonie; il profite de la circonstance pour remercier cordialement les Américains de l'aimable hospitalité avec laquelle il a été accueilli lors de la réception d'une commission d'Ingénieurs dont il faisait partie. A deux heures et demie, tout le monde descendait au pied de la Tour et se formait en groupes divers pour la visite de l'Exposition.

Les groupes avaient été constitués comme suit, et les invités étaient guidés dans ces visites par leurs collègues de la Société des Ingénieurs civils.

PREMIER GROUPE *(Mines)*.

Mines d'Anzin (Nord): Modèle de deux fosses d'exploitation munies de leur matériel.

Mines d'Aniche (Nord): Plan et coupe de l'installation externe d'un puits d'extraction.

Mines de Roche-la-Molière et Firminy (Loire): Houille et coke, plans et modèles d'exploitations.

Mines du Gard : Relief du bassin houiller d'Alais.

Appareils de sondages (MM. Lippmann, Bécot, Arnault). Sondages de 12 pieds de diamètre.

Mines de diamants du Cap, etc., etc.

DEUXIÈME GROUPE *(Métallurgie)*.

Forges du Nord, fer, fontes et aciers.

Pavillon des fonderies et forges de l'Horme, fours et gazogènes.

Manhès, procédé Bessemer appliqué au cuivre.

Établissements John Cockerill, Seraing (Belgique), machine soufflante.

Forges et Aciéries du Nord et de l'Est. Fers et aciers.

Esgher-Ghesquière, cuivre, etc.

TROISIÈME GROUPE *(Mécanique et filature)*.

Anciens établissements Cail (Locomotives, artillerie, sucreries, etc.).

Société alsacienne de Constructions métalliques (Machines de filature et de peignage de laine et de coton, machines-outils, machines à vapeur et turbines).

Rose frères (Moulins à cylindres).

Joseph Farcot (Machines à vapeur, pompes).

Arbey (Machines à travailler le bois).

QUATRIÈME GROUPE *(Chaudronnerie en fer et cuivre, sucreries, distilleries, etc.)*.

Compagnie de Fives-Lille (Appareils à triple effet, diffusion de la canne, filtrage sans noir, etc).

Anciens établissements Cail (Appareils de sucreries).

Rouart frères (Appareils à produire le froid et la glace).

Savalle (Appareils de distillerie).

Alexis Godillot (chauffage des générateurs par les combustibles pauvres et pulvérulents, etc.).

CINQUIÈME GROUPE *(Chemins de fer)*.

(a) Locomotives: Cylindres à tiroirs cylindriques (Chemins de fer de l'Etat).

Locomotives Franck.

Locomotives des Compagnies de chemins de fer du Nord, de l'Ouest, de l'Est, du Midi, de Paris-Lyon-Méditerranée, Orléans, etc.

(b) Matériel fixe: Appareils de la voie. — Signaux. — Enclenchements, etc.

(c) Matériel roulant: Voitures et wagons de diverses Compagnies, etc.

SIXIÈME GROUPE *(Électricité)*.

Station d'éclairage électrique de la Compagnie continentale Edison.

Station d'éclairage de la Société Gramme (Chauffage des générateurs par le procédé Godillot).

Bassée-Crosse (Trompettes électriques du capitaine Zigang).

Gadot (Accumulateurs).

Philippart frères (Accumulateurs Faure-Sellon-Volkmar).

Sautter, Lemonnier et Cie (Phares électriques, projecteurs électriques).

Bréguet (Machines à vapeur à grande vitesse, instruments de précision, etc.).

SEPTIÈME GROUPE *(Travaux publics)*.

Coignet et Cie (Bétons agglomérés, pierres factices).

Ministère des Travaux publics; Travaux publics: Routes. — Ponts. — Navigation intérieure. — Phares. — Balises. — Ports et travaux maritimes. — Chemins de fer.

Gaget, Gauthier et Cie (Travaux artistiques en plomb et cuivre).

Histoire de l'habitation humaine, par M. Charles Garnier.

Le programme du lundi 24 juin comportait les visites suivantes :

LUNDI 24 JUIN *(I. — Matin)*.

Visite *A*. — ÉGOUTS DE PARIS. — Par autorisation spéciale de M. Alphand, directeur général des travaux de Paris. — 9 h. Rendez-vous, place de la Madeleine, au commencement du boulevard Malesherbes. — 9 h. 1/4. Descente. — 11 h. Sortie place du Châtelet.

Visite *B*. — ÉGOUTS DE PARIS. — 9 h. Rendez-vous, place du Châtelet, à côté du pont Saint-Michel. — 11 h. Sortie place de la Madeleine.

Visite *C*. — *(a)* MANUFACTURE NATIONALE DES GOBELINS. — Par autorisation de M. Gerspach, administrateur. — 9 h. 1/2. Rendez-vous, 42, avenue des Gobelins. — Fabrication de tapis de haute lice, atelier de tenture et de tapisserie, musée. — Visite sous la direction d'un administrateur de la manufacture. — 11 h. *(b)* INSTITUT PASTEUR. — Par autorisation spéciale de M. Pasteur, 25, rue Dutot (Vaugirard). — Microbiologie, traitement de la rage.

Visite *D*. — *(a)* — OBSERVATOIRE. — Par autorisation spéciale de M. le contre-amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire. — 9 h. 1/2. Rendez-vous, place de l'Observatoire. — Visite sous la conduite d'un astronome attaché à l'établissement. — Salles d'observations, appareils divers. — *(b)* INSTITUT PASTEUR.

Visite *D'*. — ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES. — 10 h. Rendez-vous, boulevard Saint-Michel. — Collection de minéralogie, géologie, paléontologie. — Visite par autorisation spéciale et sous la direction de M. Haton de la Goupillière, inspecteur général des mines, directeur de l'École.

(II. — Après midi.)

Visite *E*. — 1 h. 1/2. Rendez-vous, place de la Madeleine, près le boulevard Malesherbes. — Départ en break. — *(a)* ATELIERS, LABORATOIRE, DÉPOT DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES VOITURES A PARIS (Voitures publiques), avec autorisation spéciale de M. M. Bixio, directeur général, membre de la Société. — *(b)* COMPAGNIE DES OMNIBUS (Omnibus et Tramways), avec autorisation de M. de Tavernier, administrateur général. — 1° Visite des dépôts, boulevard Bourdon, sous la direction de M. E. Baril, architecte ingénieur, directeur des constructions de la Compagnie et membre de la Société. — 2° Ateliers, rue Championnet. — Visite sous la direction de M. G. Mauclère, directeur et membre de la Société. — Retour, place de la Madeleine.

Visite *F*. — 2 h. Départ en break, de la place du Châtelet. — *(a)* COMPAGNIE DES OMNIBUS. — Dépôt et ateliers (comme ci-dessus). — *(b)* ATELIERS, LABORATOIRE ET DÉPOT DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES VOITURES A PARIS (comme ci-dessus). — Retour, place de la Madeleine.

Visite des Égouts.

Nous devons des remerciements à MM. Alphand et Bechmann d'avoir mis à la disposition de la Société des Ingénieurs civils leur personnel pour la visite des égouts de la place de la Madeleine au Châtelet, en passant sous la rue Royale, la rue de Rivoli et le boulevard Sébastopol. — Ce voyage entrepris par deux groupes de cent personnes environ, partis chacun de l'extrémité opposée, pour se rejoindre place de la Concorde, s'est fait, partie en wagon, boulevard Sébastopol et rue de Rivoli, et partie en bateaux, rue Royale. L'excursion, commencée à 9 heures, se terminait à 10 heures et demie, sous la conduite de M. Prangey, inspecteur principal du service des égouts.

La note suivante sur la visite des égouts de Paris nous a été communiquée par le service de M Bechmann :

La planche 224 fait connaître, en l'indiquant en pointillé, l'itinéraire suivi par les visiteurs. Après être descendus par l'escalier d'accès de la place du Châtelet, ils voient d'abord le collecteur de Sébastopol, qui leur montre le type des grands collecteurs dont la cunette a 1,20 *m* de largeur et dans lesquels le curage se fait à l'aide du wagon-vanne dont le fonctionnement est indiqué par une coupe.

La coupe du collecteur indique la situation des conduites d'eau, fils télégraphiques et téléphoniques, etc. La longueur des collecteurs où le curage se fait au wagon est de 43 500 *m*. Avant de monter en wagon, ils voient les bassins de décantation situés en tête du collecteur des quais et destinés à retenir les sables qu'on extrait ensuite pour les charger en bateau sur la Seine et les transporter aux décharges. Il y a sur l'ensemble des collecteurs huit bassins de ce genre. Le collecteur des quais qu'ils retrouveront plus tard à la place de la Concorde est d'un type plus grand. La cunette, à la place du Châtelet, a 2,20 *m* de largeur, et le curage s'y exécute à l'aide du bateau-vanne dont une coupe indique le fonctionnement. La longueur des collecteurs où le curage se fait en bateau est de 18 202 *m*.

Après être montés en wagon, les visiteurs parcourent le collecteur Rivoli jusqu'à la place de la Concorde. Sur leur chemin ils voient les types des branchements particuliers qui relient chaque maison au collecteur, les bouches d'égout qui amènent les eaux de la voie publique, les regards par lesquels on pénètre en égout Des plaques indicatrices montrent les plus grandes hauteurs atteintes par les eaux en temps d'orage. Sur ce parcours on rencontre la plupart des types des égouts secondaires dont la longueur totale est de 812 250 *m*. Rue Saint-Denis on voit un exemple des anciens égouts à petite section dont le type est abandonné et qu'on remplace peu à peu par des types plus grands. Le type le plus petit admis actuellement est le n° XII *bis*, dont on trouve un exemple rue des Lavandières. Il possède une petite cunette dans laquelle les chasses d'eau, produites par des réservoirs qui se vident automatiquement, assurent un curage parfait et l'entraînement de toutes les matières. Avenue Victoria on a vu l'ancien type XII, qui n'avait pas de cunette, et on peut comparer les deux types pour reconnaître le progrès accompli. Rue du Pont-Neuf on voit le type X destiné à recevoir plus d'eau et à contenir des conduites plus grosses.

Arrivé à la place de la Concorde, on quitte les wagons pour monter dans les bateaux-vannes et on arrive à l'escalier de la place de la Madeleine.

Dans cette visite, on a vu tous les types des égouts de Paris, et, en ajoutant que les petits égouts se curent à l'aide de rabots de bois et de fer, on connaîtra tous les procédés de curage employés.

Les visiteurs ont donc acquis une connaissance aussi exacte que possible des égouts de Paris, et une semblable visite comprend tous les renseignements intéressants à leur donner.

En même temps que cette visite, avait lieu la visite des autres établissements indiqués au programme, et les divers groupes étaient reçus aux Gobelins par M. Gerspach ; à l'Institut Pasteur, par M. Pasteur et M. le Dr Roux ; à l'École Nationale des Mines, par M. Haton de la Goupillière, directeur; M. Carnot, sous-directeur; MM. Friedel, Fuchs, Le Chatelier et quelques autres professeurs; à l'Observatoire, par M. l'amiral Mouchez.

La note suivante nous a été remise par l'un des commissaires, qui a suivi la visite et qui a puisé les renseignements dans les notes communiquées par M. M. Bixio, directeur de la Compagnie générale des Voitures à Paris, et son collaborateur, M. Vaillant, architecte de la même Compagnie.

Visite E. — Compagnie générale des Voitures à Paris.

Conformément aux indications du programme général, le lundi 24 juin 1889, les Ingénieurs américains, inscrits pour la visite des installations de la Compagnie générale des Voitures à Paris, se trouvaient au rendez-vous à 1 h. 1/2, place de la Madeleine, où ils avaient été précédés par M. Eiffel, président de la Société des Ingénieurs civils, et par les membres de la Société, délégués pour accompagner leurs collègues américains.

Après les présentations, le groupe composé d'environ cinquante personnes, sous la présidence de M. Eiffel, prend place dans les voitures et breaks de la Compagnie et se dirige vers le dépôt de la Compagnie, boulevard Barbès.

Dépôt du boulevard Barbès.

Devant la porte du dépôt, pavoisée aux couleurs des deux nations, M. Bixio, directeur de la Compagnie, membre de la Société, attendait les visiteurs auxquels il adresse quelques paroles de bienvenue.

Le groupe se dirige ensuite vers les écuries du dépôt et visite successivement toutes les installations, accompagné par M. Bixio, directeur de la Compagnie, et le personnel du dépôt, qui se met gracieusement à la disposition des invités pour leur fournir toutes les explications nécessaires. Les membres délégués traduisent à leurs collègues qui ignorent le français tout ce qui est de nature à les intéresser.

La Compagnie générale des Voitures à Paris possède aujourd'hui 12 000 chevaux et 7 000 voitures environ.

Ces chevaux et voitures comprennent trois catégories :

Voitures bourgeoises ;

Voitures de luxe ;

Voitures de place.

Le service de chaque voiture de place, service le plus intéressant parce qu'il s'adresse au plus grand nombre, est assuré par deux chevaux, dont l'un travaille pendant que l'autre se repose.

Les écuries sont parfaitement aérées et tenues avec une propreté méticuleuse, conditions indispensables pour le bon état des chevaux.

Un vaste hangar couvrant une partie de la cour sert de remise aux diverses voitures, voitures de place, voitures bourgeoises, voitures de luxe, voitures de commerce, omnibus, breaks.

Des écuries spéciales renferment les chevaux des divers services, une infirmerie reçoit les chevaux malades ; une forge dans laquelle se trouve une machine pour fabriquer à la main les fers à cheval, et un abreuvoir complètent cette installation.

La Compagnie possède vingt dépôts de diverses grandeurs dans les nombreux arrondissements de Paris, ce qui lui permet d'éviter de trop grandes fatigues à sa cavalerie.

Toutes les voitures de place de la Compagnie sont numérotées de 1 à 5 000 ; elles sont d'un modèle uniforme et ne se distinguent que par la couleur des verres des lanternes, suivant le quartier auquel elles appartiennent.

La Compagnie, en outre des voitures de place qui représentent le matériel le plus important, fournit également des voitures bourgeoises louées à l'année, au mois, même à la demi-journée, des voitures de cérémonie, landaus, omnibus, breaks, etc. ; elle fournit le service de voitures des grands magasins, des banques, des journaux, ainsi que des voitures-réclame.

L'agriculture peut se procurer au dépôt du boulevard Richard-Lenoir des chevaux de réforme, fatigués par le pavé de Paris, mais pouvant encore fournir un bon service à la campagne.

Le siège de l'Administration est place du Théâtre-Français, et chaque dépôt est relié au Bureau central par le réseau téléphonique.

En donnant la description sommaire de l'organisation des dépôts, il n'a pas été question de l'alimentation des chevaux ; c'est à dessein, car la nourriture des chevaux est l'objet d'une organisation particulière et le problème de l'alimentation économique a été résolu d'une façon remarquable par M. Bixio, qui s'est donné

tout entier à cette œuvre pour laquelle il a trouvé une solution qui a provoqué l'admiration de toutes les personnes qui assistaient à cette visite.

C'est à la manutention de la rue du Ruisseau que le groupe s'est ensuite rendu en quittant le dépôt du boulevard Barbès.

Là, même accueil gracieux, drapeaux français et américains, bouquets pour les dames.

Manutention.

La manutention et son laboratoire constituent la partie certainement la plus intéressante de l'Administration de la Compagnie, car c'est là que se fabriquent les rations destinées à l'alimentation de la cavalerie de chaque dépôt et c'est de ce service que dépend le bon fonctionnement de l'exploitation.

L'usine est chargée de fournir à tous les dépôts les rations journalières et individuelles. Ces rations sont distribuées chaque jour dans chaque dépôt par un service de 12 chariots desservis par 45 chevaux.

Pour les deux chevaux faisant le service de chaque voiture, chaque dépôt reçoit un sac et un pochet. Le sac renferme 26 *kg* de fourrage haché et de grains concassés, le pochet renferme 8 *kg* de grains concassés. La répartition est faite au dépôt; le cheval qui se repose reçoit les trois quarts du contenu du sac; celui qui travaille reçoit avant de partir le quart restant et le pochet pour sa nourriture en route.

Les substances généralement employées pour la nourriture des chevaux sont la paille, l'avoine, le maïs, les féveroles et les tourteaux de lin et de maïs; la quantité de chacune d'elles est déterminée par le laboratoire qui en fait l'analyse et la répartition, en prenant pour base une quantité nutritive maxima pour un prix de revient minimum.

Cette usine, établie avec les derniers perfectionnements de la science moderne, mérite l'attention non seulement des personnes qui s'intéressent aux questions d'alimentation de chevaux, mais encore de tous les Ingénieurs, par les procédés rationnels employés pour obtenir le maximum de rendement avec un minimum de frais.

C'est grâce à l'initiative du Directeur général de la Compagnie et après de longues années consacrées à l'étude de la question et à une lutte contre la routine que M. Bixio a résolu victorieusement le problème de nourrir 12 000 chevaux, en leur donnant le maxi-

mum de nourriture efficace, en faisant réaliser à la Compagnie une économie de 1 million sur une dépense qui s'élevait primitivement à 6 millions, sans pour cela porter atteinte à la santé et à la force des chevaux soumis à ce régime. Une preuve indiscutable est l'état remarquable de la cavalerie de la Compagnie.

La superficie totale occupée par l'usine est de 20 000 m^2 et comprend :

Une grange, isolée des autres bâtiments de l'usine, pouvant contenir 800 000 *kg* de fourrages en bottes et 4 000 000 *kg* de fourrages pressés.

Des portes en fer complètent l'isolement du bâtiment en cas d'incendie ;

Le bâtiment des machines motrices abritant les générateurs et 2 machines de 70 chevaux-vapeur ;

Le magasin de réception des graines ;

Les silos métalliques au nombre de 56, complètement clos, dans lesquels on peut conserver 6 000 000 *kg* de grains.

Ces silos sont formés de 14 rangées de 4 réservoirs, ayant chacun 3,25 $m \times 2{,}56$ *m* de section et une hauteur de 17,10 *m* ; leur volume est de 149,500 m^3. Ils sont formés de grandes cloisons en tôle et cornière, entre lesquelles sont d'autres cloisons intermédiaires. La résistance à la poussée des grains est obtenue par des étages d'entretoises. Ces silos sont assez étanches pour ne pas perdre l'acide carbonique éventuellement formé par les fermentations accidentelles, que le nettoyage ne peut éviter, et faciliter ainsi la conservation des grains ;

Les ateliers de nettoyage des grains et la fabrication des rations ;

Les bâtiments où sont installés le laboratoire de recherches, les bureaux, les écuries, la maréchalerie et l'atelier de réparations.

Toute l'usine est éclairée par l'électricité.

M. Bixio, en fournissant les renseignements ci-dessus détaillés et dont une partie était consignée sur une notice imprimée en français et en anglais qui a été distribuée à l'arrivée à l'usine, fait parcourir à ses hôtes les différentes phases de la fabrication des rations, depuis la réception des matières premières, pour passer au nettoyage, au concassage, au mélangeage, jusqu'à l'ensachage des rations. Toutes ces opérations sont faites mécaniquement à l'aide d'appareils appropriés.

La dernière opération, l'ensachage dans les pochets, se fait par deux ateliers composés chacun de quatre femmes. Dans chaque atelier chaque femme introduit dans le pochet posé sur une bascule

devant elle la quantité de substance indiquée par un poids, en suivant un registre. Le pochet passé d'une ouvrière à l'autre est livré à la quatrième qui secoue le sac pour bien faire le mélange et le ferme. Chaque sac porte le nom du dépôt et le numéro matricule du cheval.

Ce qu'il y a surtout de remarquable dans cette installation, c'est l'économie de main-d'œuvre qui a été réalisée dans cette usine.

Cent ouvriers ou ouvrières suffisent à l'emmagasinage des matières premières, à leurs diverses manipulations et à la confection des rations réparties dans les 20 dépôts aux 12 000 chevaux de la Compagnie. (L'usine pourrait fournir les rations pour 15 000 chevaux.)

En comparant ce personnel au nombre de chevaux, on remarque qu'une personne peut préparer la nourriture de 120 à 150 chevaux. Ce résultat ne pourrait certainement pas être obtenu si chaque dépôt avait à s'occuper de la nourriture de ses chevaux : il faut ajouter à cette économie de main-d'œuvre l'économie résultant de la place occupée plus restreinte, de l'installation de machines dans chaque dépôt et la diminution des dangers d'incendie par la suppression des magasins à fourrages.

Une annexe, renfermant une locomobile de la force de 15 chevaux-vapeur, située près de la manutention, sert de magasin et contient une installation permettant d'y fabriquer les rations en cas d'arrêt forcé de l'usine.

Tout est donc prévu pour assurer l'alimentation de la cavalerie en toutes circonstances et empêcher un arrêt d'un des plus importants services publics de la Capitale.

Le complément de cette usine en même temps que son guide est le laboratoire de chimie, chargé d'analyser les matières premières et de déterminer la quantité de matières nutritives qui y sont contenues.

Le laboratoire comprend une écurie pour les chevaux servant aux expériences et divers appareils destinés à mesurer les efforts exercés.

Des essais journaliers sont faits sur 3 chevaux, auxquels on donne la ration minima pour obtenir un résultat déterminé.

1° Étude de la ration pour un cheval n'ayant qu'à rester à l'écurie.

2° Cheval n'ayant à porter que son propre poids.

3° Cheval ayant à exercer un effort de traction déterminé.

Un manège pourvu d'un dispositif spécial pour produire une

résistance déterminée est muni d'un appareil enregistrant le travail produit en kilogrammètres ; cet appareil est relié au palonnier auquel est attelé le cheval servant aux expériences.

Pour terminer la description sommaire de la manutention, il y a lieu d'indiquer un appareil enregistreur placé dans le cabinet du Directeur, lui permettant de surveiller le travail de l'usine sans être dérangé de ses occupations courantes.

Atelier de la rue d'Aubervilliers.

De la manutention les visiteurs se sont dirigés vers les ateliers de la rue d'Aubervilliers, où ils ont été reçus par M. Bixio, assisté de M. Desjardin, directeur, membre de la Société, et de M. Lablache, inspecteur principal de la Compagnie.

L'usine comprend une superficie de 26 000 m^2 et occupe 1 000 ouvriers. Elle est destinée à la fabrication, la réparation et l'entretien des voitures de la Compagnie et de son matériel. Elle construit annuellement 1 200 voitures et en répare 7 895, dont 3 555 voitures de place fermées, 3 156 découvertes et 1 184 de grande remise.

Tous les outils mécaniques servant au travail du bois et du fer se trouvent réunis dans cette usine et fonctionnent à tour de rôle devant les visiteurs. La description de ces outils ferait l'objet d'un gros volume et, pour se rendre compte de l'outillage pour le bois, il n'y a qu'à remarquer que tout le bois destiné à ces travaux entre en grumes et doit passer par toutes les transformations successives avant d'être employé à la confection des roues et des autres parties des voitures.

A noter une application fort intéressante du transport de la force motrice à distance par des machines dynamo-électriques de 18 chevaux-vapeur, actionnant 2 monte-charges, et l'outillage de l'atelier de remise situé à 250 *m* de l'atelier proprement dit.

La force motrice totale est de 250 chevaux-vapeur.

La Compagnie possède également dans cette usine les ateliers de peinture, de fabrication de ressorts, une machine à fabriquer les fers à cheval pouvant produire annuellement 600 000 fers, ainsi qu'un atelier mécanique pour la fabrication des harnais et leur réparation.

Quatre ateliers annexes de quartiers, desservant les 20 dépôts pour l'entretien journalier des voitures en service, dépendent de l'atelier de la rue d'Aubervilliers.

Après avoir terminé cette visite, les Ingénieurs américains ainsi que leurs collègues français ont été invités par M. Bixio à se diriger vers un grand hall dans lequel, au milieu de trophées de drapeaux américains et français, se dressait un buffet admirablement installé et destiné à réconforter les invités d'une visite rapide des diverses installations de la Compagnie, qui n'avait pas duré moins de quatre heures.

Cette visite non portée sur le programme a eu le même succès, bien que d'un autre ordre, que les plus sérieuses qui l'avaient précédée.

Avant de se séparer, M. Eiffel, au nom de la Société des Ingénieurs civils, a vivement remercié M. Bixio du charmant accueil qu'il avait réservé à ses invités; il ajoute que pour sa part il a pris le plus vif intérêt à tout ce qui lui a été montré et a insisté plus particulièrement sur les dispositions ingénieuses de la manutention. Il termine en portant la santé de M. Bixio, auquel revient tout le mérite et l'honneur de cette magnifique organisation, et du personnel dévoué qu'il dirige.

M. Bixio prend ensuite la parole; il remercie M. Eiffel de ses aimables vœux. Il est heureux d'avoir pu être agréable à la Société des Ingénieurs civils ainsi qu'à ses invités et d'avoir pu les intéresser par les choses qu'il leur a fait voir. Nos collègues américains, dit-il, ont pu se retrouver en pays de connaissance, car beaucoup de machines à travailler le bois ont été fabriquées aux États-Unis.

M. Hawkins, au nom de ses amis américains, après quelques paroles de remerciement prononcées en français, exprime en anglais les sentiments de gratitude des Ingénieurs américains pour l'accueil fraternel qu'ils ont reçu de leurs collègues français; ils espèrent pouvoir un jour recevoir dans leur pays les Ingénieurs français.

Trois « cheers », pour MM. Eiffel et Bixio et pour la Société des Ingénieurs civils accueillent la fin de cette allocution.

Après avoir vidé encore quelques coupes de champagne en l'honneur des deux nations amies et à la santé des dames qui avaient honoré les visites de leur présence, tous les invités remontent à 6 heures dans les voitures pour se diriger vers la place de la Madeleine, où tout le monde se quitte enchanté d'une visite aussi intéressante qu'agréable, dont M. Bixio a été le bienveillant organisateur.

Visite aux ateliers de la Compagnie générale des Omnibus.

La Compagnie des Omnibus construit elle-même tout son matériel ; ses ateliers, situés rue Championnet, occupent une surface de 9 *ha*, dont 5 couverts par des constructions, et emploient un personnel de 600 ouvriers.

Notre visite a commencé par celle de l'atelier des ouvriers en bois, puis a continué par celle de la fabrication des roues. La roue comprend : le moyeu en orme tortillard, les rais en acacia et les jantes en orme. Ces diverses parties sont toutes façonnées à la machine; les rais sont faits par une machine à copier; les jantes sont découpées et taillées sur leurs quatre faces par des toupies. Ensuite on prépare les mortaises d'assemblage des rais, et les mortaises des extrémités pour leurs chevilles qui les réunissent entre elles. Après avoir vu la préparation des pièces, nous avons assisté à l'assemblage d'une roue, opération intéressante pour ceux de nous qui ne s'occupent pas de ce genre de construction; ce travail est exécuté par une machine assurant une grande solidité et une grande régularité de travail : les rais sont d'abord enmanchés dans les mortaises du moyeu; puis l'ensemble est placé sur une table de la forme convenable pour assurer à la roue la forme conique du carrossage ; autour des rais sont placées les jantes avec leurs mortaises bien en face des tenons des rais.

Toutes les jantes sont alors poussées vers le centre par des sabots actionnés par des presses hydrauliques actionnées par une même pompe; le manomètre pendant l'opération marquait environ 120°, et le piston de chaque presse a environ 0,10 *m* de diamètre.

La visite s'est continuée par l'atelier de fabrication des essieux; l'essieu est en fer fin, et les fusées sont cémentées et trempées; nous avons assisté à une opération de trempe, qui est faite à l'eau dans un récipient à courant d'eau continu. La Compagnie fabrique aussi ses ferrures et ses ressorts, et emploie pour régler ces derniers une machine à essayer.

Dans l'atelier de bourrellerie, nous avons pu voir un collier du nouveau modèle actuellement en essai sur certaines lignes; ce collier est en tôle d'acier embouti sans aucune matelassure, et paraît devoir être aussi doux pour les chevaux que l'ancien modèle, tout en assurant une plus longue durée.

Dans l'atelier de construction des voitures, il n'y avait que du matériel en réparation. Comme construction nouvelle, il nous a été présenté la voiture du nouveau modèle adopté par la Compagnie ; c'est une voiture à deux chevaux, qui comporte une impériale avec escalier et une plate-forme pour deux voyageurs. La caisse est plus basse que celle de l'ancien modèle, et les roues principales sont d'un plus grand diamètre (1,70 *m*), ce qui permet de porter 30 voyageurs au lieu de 28.

Le matériel de la Compagnie comprend 1 600 voitures de 7 modèles différents, dont 1 000 environ font le service de Paris et accomplissent un parcours journalier de 70 000 *km ;* les autres servent de relais dans les dépôts et dans les ateliers. Nous étions guidés dans cette visite par M. Mauclère, directeur des ateliers, et M. Monnier, sous-chef des ateliers, nos collègues de la Société.

Nous devons à l'obligeance de M. Baril, ingénieur-architecte de la Compagnie des Omnibus et membre de la Société, les notes suivantes sur le dépôt du boulevard Bourdon.

Dépôt de la Bastille.

Messieurs les Ingénieurs américains ont visité, le 24 juin dernier, le dépôt de la Compagnie générale des Omnibus, situé boulevard Bourdon et désigné sous le nom de *Dépôt de la Bastille*.

Ils ont été reçus et dirigés dans leur visite par M. Baril, architecte-ingénieur, membre de la Société et directeur des constructions de la Compagnie, autorisé par M. de Tavernier, administrateur et vice-président du Conseil (1).

Le dépôt dont il s'agit a été construit en 1878 et occupe une surface de 11 062 m^2, ainsi répartis :

En bâtiments : 5 562 m^2 ;

En cours : 5 500 m^2.

Il est divisé en deux parties par la rue Bassompierre et forme un îlot, bordé par le boulevard Bourdon, les rues de Mornay, Crillon, de l'Arsenal et de la Cerisaie.

Le nombre de chevaux logés est de 1 102, la capacité des silos, en avoine et maïs est de 61 800 *hl ;* les réservoirs à eau peuvent contenir 110 000 *l*.

L'accroissement progressif de l'exploitation de la Compagnie générale des Omnibus qui, partant de 34 millions de voyageurs

(1) Le Comité de direction de la Compagnie Générale des Omnibus se compose actuellement de MM. Lalanne, président ; De Tavernier, vice président ; Maurice Kann, Lavalard et Marsillon ; ces deux derniers, membres de la Société des Ingénieurs civils.

transportés en 1854, est arrivé à 194 739 667 en 1883 pour redescendre à 181 215 288 en 1888, et l'obligation dans laquelle elle se trouve d'établir des dépôts recevant près de 14 000 chevaux, *intra muros*, a créé de sérieuses difficultés pour arriver à loger un aussi grand nombre de chevaux avec l'approvisionnement de grains et de fourrages nécessaire pour leur nourriture ; une cour assez vaste pour recevoir les voitures, et cela à un point déterminé, afin de desservir les lignes d'omnibus et tramways partant de ce point.

Ces difficultés, résultant surtout de l'exiguïté relative des terrains disponibles, ont amené la Compagnie à adopter le service d'écuries superposées, avec rampes d'accès, et à construire des silos métalliques contenant une grande quantité d'avoine et la conservant presque indéfiniment.

Dans la partie à gauche de la rue Bassompierre et en façade sur le boulevard Bourdon, se trouve le grand bâtiment des silos. Ce bâtiment a 113 *m* de longueur sur 10 *m* de largeur. Il est divisé en 27 silos ayant chacun une capacité de 2 250 *hl*. La hauteur entre les deux points extrêmes des silos est de 7,50 *m*.

Les grains arrivent par des bateaux stationnant sur le bas-port du canal. Les sacs sont pris dans le bateau par un monte-charge et déposés dans des wagonnets qui les amènent (en passant par un tunnel sous le boulevard), à un deuxième monte-charge destiné à les conduire sur le plancher de la partie supérieure des silos, dans l'intérieur desquels ils sont vidés, après examen, et les silos tous fermés hermétiquement au moyen de trappes à charnières, lorsqu'ils sont pleins.

La vidange des silos s'opère par des robinets placés dans l'étage du sous-sol. Lorsque la propreté de l'avoine est douteuse, les sacs sont vidés dans ledit sous-sol, et une chaîne à godets monte les grains au troisième étage et les verse dans des tarares, d'où ils sortent nettoyés et retournent au moyen de goulottes sur le plancher du premier étage pour être ensilés définitivement.

Un système de thermomètres avertisseurs (au nombre de 80), à sonnerie électrique, indique les divers endroits des silos dans lesquels la température dépasse 25 degrés, c'est-à-dire le moment où un commencement de fermentation est à craindre.

Les monte-charges et les diverses machines sont actionnés par deux locomobiles marchant alternativement afin qu'il n'y ait jamais d'interruption dans le service. Ces locomobiles font fonctionner également une pompe à trois corps, alimentée par un

puits avec forage et qui suffit largement à l'abreuvement des chevaux et à toutes les opérations de lavage.

Le grenier, au-dessus des silos, représente 2 600 m^3 et est destiné à recevoir des foins en balles. Le deuxième étage sous comble cubant 5 850 m^3 est destiné à recevoir de la paille et du foin (64 000 bottes environ).

Détails du système de construction. Bâtiments des silos (Pl. 224).

La figure 2 représente, à gauche, la façade du bâtiment des silos vue de la cour intérieure; la partie droite de la même figure montre une portion de coupe longitudinale faite par le milieu des silos.

La figure 3 est une coupe transversale. Les fondations des murs de façade de ce bâtiment sont constituées par des puits remplis de béton, d'une profondeur de 10 m environ, et de 1,20 m de diamètre. Ce bâtiment ayant été fondé dans des remblais après l'incendie de l'ancien grenier d'abondance, les puits sont espacés de 4,08 m d'axe en axe; ils sont réunis par des arcs en maçonnerie de pierre meulière. Sur ces fondations sont montés les murs de sous-sol d'une épaisseur de 0,80 m. Au rez-de-chaussée ces murs sont en moellons enduits en plâtre et percés de baies fermées de persiennes.

On a accès au premier étage au moyen de deux escaliers en charpente disposés à l'extérieur du bâtiment le long de la façade donnant sur la cour; au voisinage de chacun de ces escaliers se trouve la cage en charpente des monte-charges.

Toutes les ouvertures dans les murs de refend se ferment par des portes à coulisse en tôle, afin de localiser les risques d'incendie.

Silos proprement dits. — Les silos, au nombre de 27, ont leur ossature constituée par des fermures renversées, placées entre chaque travée et dans les mêmes plans que celles de la toiture; elles sont formées chacune de deux arbalétriers A solidement ancrés dans les murs de façade d'une part, et, d'autre part, encastrés dans le sabot en fonte terminant la colonne G. Celle-ci est supportée par un pilier en pierre dure de 0,80 m de côté, fondé sur un puits de béton de 1,20 m de diamètre et 10 m de profondeur moyenne.

La colonne G est cylindrique et pleine, son diamètre est égal à 200 mm; elle est renforcée de quatre nervures venues de fonte,

dont la saillie est de 60 *mm* et l'épaisseur de 30 ; sur deux de ces nervures est rivée la tôle formant cloison de séparation entre deux silos consécutifs ; les rivets employés ont 13 *mm* de diamètre et sont espacés de 40 millimètres.

L'entrait de la ferme est constitué par une poutre B dont nous donnerons les dimensions plus loin, ayant même ancrage dans les murs de façade que les arbalétriers et traversant la colonne G qui porte à cet effet un renflement dans lequel est ménagé un évidement rectangulaire ; cette disposition est visible sur les figures 6 et 7 qui représentent en outre, en vues de face et de côté, les extrémités inférieure et supérieure des colonnes.

Les différentes fermes sont réunies entre elles par des pannes en fer double té (*e*) sur les ailes supérieures desquelles est rivée directement la tôle de fond *f* des silos ; cette tôle se relève le long des murs qu'elle tapisse jusqu'au premier plancher ; elle est renforcée par des fers simples té *g* qui lui donnent du raide ; des fers de mêmes dimensions garnissent de chaque côté les parois verticales séparatives des silos. Pour éviter toute déformation, ces parois sont en outre sous l'action de tendeurs *t* (*fig. 8*), en fer rond de 27 *mm* de diamètre ; ils sont au nombre de 6 sur chaque face des parois. Ce système de tendeurs a été substitué aux entretoises qui ne pouvaient résister à l'entraînement des grains lors de la vidange.

Le plancher du premier étage est formé de poutres D, dont nous donnons le détail dans le tableau des dimensions et de fers double té espacés de 645 *mm ;* la figure 9 montre la composition des poutres ainsi que l'encastrement dans le mur. Une tôle de 3,5 *mm* reçoit une couche de béton de 0,06 *m* recouverte d'une couche de bitume de 0,02 *m* d'épaisseur. Le remplissage de chaque silo se fait par 8 ouvertures, dont on voit la coupe (*fig. 9*), la fermeture de ces orifices devant être hermétique ; à cet effet, une lame de caoutchouc est interposée entre le bâti et la trappe à charnière ; celle-ci, lorsqu'elle est fermée, est en outre serrée par des boulons.

Les orifices d'évacuation, disposés naturellement à la partie inférieure des silos, sont au nombre de trois pour chacun d'eux ; nous avons indiqué leur mode de fermeture sur les figures 10 qui les montrent en coupe verticale et vus en dessous.

Lorsque les silos sont pleins d'avoine, la charge que chacun d'eux supporte est de 120 000 à 130 000 *kg ;* s'ils renferment du maïs, la charge atteint 170 000 *kg*.

Dimensions de détail des silos.

Arbalétrier A	1 âme.	450 × 11
	4 cornières. . .	90 × 90 × 13
	1 plate-bande. .	200 × 11
	12 fers double T.	130 × 95 × 11
Entrait B	1 âme.	270 × 9
	4 cornières. . .	60 × 60 × 9
Tôle de fond *e* . . .		4,5
Tôle de parois *f*. . .		3,5 à 4,5
Fers simples té *g* . .		100 × 70 × 10
Plancher D	1 âme.	500 × 11
	4 cornières. . .	90 × 90 × 11
	14 fers double té.	180 × 65 × 9
	Tôle de plancher.	4,5

Description du bâtiment des écuries, représenté figures 4, 5, 11 à 13.

La figure 4 représente la coupe transversale du bâtiment faite par le milieu de la rampe qui mène du rez-de-chaussée au premier étage.

Sur la figure 5 nous avons représenté en coupe longitudinale la dernière travée donnant sur les rues Crillon et de Mornay.

Les bâtiments, en y comprenant l'annexe de l'autre côté de la rue Bassompierre, sont divisés en 23 écuries au rez-de-chaussée et autant au premier; chacune de ces écuries peut contenir 24 chevaux : c'est donc au total 1 104 chevaux que cet important dépôt peut renfermer.

Comme pour les silos, cette construction est fondée sur des puits de béton de 1,30 *m* de diamètre, 10 *m* de profondeur et 8,750 *m* d'espacement. Les murs de façade ont au rez-de-chaussée 0,500 *m* d'épaisseur. Les écuries sont séparées par des cloisons de 0,25 *m* en briques dans chacune desquelles sont noyées 3 colonnes en fonte de section circulaire, divisant la longueur totale de 15,60 *m* des écuries en quatre intervalles égaux. Ces colonnes ont un diamètre variant de 200 à 300 *m;* elles sont fondues avec des nervures qui maintiennent la maçonnerie.

Le plancher du premier étage est supporté par trois poutres M parallèles aux murs de façade et formées chacune par deux fers double té reposant à leurs extrémités sur les colonnes noyées dans les cloisons de séparation des écuries, et, dans l'intervalle,

sur deux autres colonnes cylindriques *n* de 180 à 200 *mm* de diamètre et 40 d'épaisseur; toutes ces colonnes ont pour soubassements des dés en pierre de taille de 0,70 *m* sur 0,60 *m* établis sur des puits en béton de 1,20 *m* de diamètre.

Les poutres reçoivent des solives en fer double T espacées de 0,655 *m* et réunies par des petites voûtes en briques de 0,23 *m* d'épaisseur sur lesquelles on a régalé une couche de bitume formant chape et servant de base à un pavage fait sur forme en sable et jointoyé en asphalte.

Les solives *o* se prolongent toutes, comme on peut le voir sur la figure 11, en dehors du bâtiment, du côté de la cour; elles sont soutenues par un fer double té *q*, reposant à ses extrémités sur des corbeaux venus de fonte aux consoles Q' qui surmontent les colonnes Q correspondant aux cloisons de séparation des écuries; ces colonnes sont creuses et servent à l'écoulement des eaux de service et de pluie; ces dernières sont amenées du toit par d'autres colonnes creuses placées au premier étage et correspondant à chaque chéneau.

Nous avons représenté cette disposition sur la figure 11; la figure 13 est une coupe horizontale de la colonne.

Les solives en saillie forment une galerie extérieure établissant la communication d'une écurie à l'autre; elles supportent une tôle de 5 *mm* recouverte d'une couche de bitume de 0,15 *m* et d'un pavage. Un garde-fou O de 2,20 *m* de hauteur, en tôle plane, sur 1,70 *m* avec grillage au-dessus, règne dans toute la longueur du bâtiment.

Les écuries sont éclairées par des ouvertures vitrées de 1,30 *m* sur 1 *m;* le sol pavé a une pente de 0,015 *m* par mètre, ce qui permet l'écoulement des eaux dans le ruisseau vers le trottoir; un passage de 2 *m* règne au milieu de chaque écurie; les chevaux sont disposés à droite et à gauche de ce passage; ils sont séparés les uns des autres par des bat-flancs ou planches de bois suspendues par une chaîne au plancher supérieur; ils disposent chacun d'une largeur de 1,30 *m*.

Les mangeoires et râteliers sont en fonte et fer. Les mangeoires, dont l'arête supérieure est à 1 *m* au-dessus du sol, sont supportées par un contre-mur relié au mur de séparation.

La glissoire servant à attacher les chevaux est à col de cygne et clavetée sur un patin, boulonné sur le bord et au milieu de la mangeoire.

Cette glissoire est garnie d'une chaîne de 0,40 *m* à 0,50 *m* de

longueur, portant un anneau montant ou descendant à volonté et un touret pour éviter toute torsion ; sa longueur donne au cheval toute liberté dans les mouvements, l'empêche de se prendre, de mordre ses voisins et de manger leurs rations. Cette glissoire supprime la double longe et la chaîne de sûreté ; elle se monte et se démonte avec la plus grande facilité, car il suffit de mettre ou retirer la clavette d'attache. Cette disposition évite tout descellement.

Au fond de chaque écurie, vis-à-vis de la porte, existe un coffre à avoine divisé en deux compartiments : l'un destiné à recevoir l'avoine, l'autre le son, ou servant aussi à faire le mélange. A 2 *m* au-dessus du sol se trouve un lit pour le palefrenier; une échelle mobile y donne accès.

Les chevaux ont accès au premier étage par une rampe R de 3 *m* de largeur et 0,16 *m* de pente par mètre avec palier intermédiaire ; le plancher de cette rampe est supporté, comme on peut le voir sur la figure 1, par quatre murs de 0,50 *m* ; les deux murs du milieu laissent entre eux un espace de 1,20 *m* qui permet d'amener, par une faible pente *r* indiquée en ponctué sur la figure 4, les fumiers du rez-de-chaussée sur le plancher P, situé au niveau de la rue Crillon, d'où ils peuvent être chargés sur des voitures sortant directement par cette rue. Ils pourraient également être enlevés par bateaux, un souterrain destiné à les conduire au moyen de wagonnets existant à cet effet. Un escalier en fer existe à chaque extrémité de la galerie pour le service des hommes.

Le sol des écuries du premier étage est formé de pavés jointoyés en bitume et posés sur forme en sable régalé sur une couche de bitume.

Au-dessous du palier supérieur P' se trouvent les cabinets d'aisances K.

Dimensions de détail du plancher.

Poutre M : 2 fers double T de	220 × 80 × 14
Écartement de ces poutres	3,90 *m*
Solives *o* : fers T	280 × 70 × 11
Écartement des solives	0,650 *m*
Solives de la rampe	200 × 120 × 10
Portée de ces solives	3 *m*

Annexes.

Donnons quelques indications sur les annexes : en *m* se trouve

la chambre de machine destinée à la manœuvre des monte-sacs, de la chaine à godets, des tarares et de la pompe. En *b* est un bain de pieds pour les chevaux ; en *b'* la brosserie mécanique ; *h* est le hangar à ferrer et *a* la maréchalerie ; en *c* est placé l'atelier de charronnage et en *l* la lampisterie.

De l'autre côté de l'entrée des voitures se trouve la sellerie ; enfin, dans l'annexe et en façade sur la rue de la Cerisaie, est un bâtiment dont le rez-de-chaussée contient une cantine, pouvant donner à manger à 40 personnes à la fois.

Le logement du chef de dépôt se trouve au premier étage dans le bâtiment L placé au fond de la cour ; ce bâtiment comprend, en outre, au deuxième étage, deux logements de piqueurs, et au troisième étage, deux logements de maréchaux ; au rez-de-chaussée se trouvent les bureaux du chef de dépôt, des conducteurs et des piqueurs, ainsi que le logement du charron.

Ajoutons que la cour est sillonnée d'une série de voies ferrées sur lesquelles se disposent les voitures de tramways.

Nous terminerons cette étude par quelques renseignements statistiques sur la Compagnie générale des Omnibus et qui sont puisés dans le rapport annuel aux actionnaires.

La Compagnie possède, tant à Paris que dans la banlieue (et sans y comprendre les ateliers), 48 établissements qui occupent une surface de 311 260 m^2 dont 159 000 m^2 en constructions.

Ces établissements peuvent recevoir 17 400 chevaux et un approvisionnement de 3 955 000 bottes de fourrages et 305 400 quintaux métriques d'avoine et de maïs.

Deux autres dépôts, en dehors de celui de la Bastille, ont des écuries au 1er étage avec rampes d'accès : ce sont les dépôts de la Vallée et de Mozart. Des écuries souterraines existent en outre dans les dépôts de Contrescarpe, de Saint-Martin et de la Cour d'Aligre. Enfin des silos métalliques pour la conservation des avoines ont été construites rue Monge, avenue Wagram et à Alfort (ce dernier dépôt peut recevoir 742 570 *hl* de grains).

Au 31 décembre 1888, le nombre des chevaux de la Compagnie était de 13 529 et les 913 voitures employées journellement ont transporté pendant l'année 181 215 288 voyageurs en parcourant 29 270 180 *km*, soit par jour 80 000 *km*, représentant 2 *fois la circonférence de la terre !*

Ajoutons que la Compagnie emploie annuellement, comme contrôleurs, cochers, conducteurs, palefreniers et ouvriers de toute sorte, 6 755 personnes, et que les dépenses supplémentaires

qu'elle s'est imposées en faveur de son personnel sous forme d'indemnités, secours et encouragements divers depuis sa création, atteint au 31 décembre 1888, 5 276 363 71 *f*.

Le mardi 25 juin comportait le programme suivant :

Mardi 25 juin *(I. — Matin).*

Visite *G.* — **Exposition.** — 9 h. 1/2. Réunion dans le salon de la Société des Ingénieurs civils, classe 63. — 9 h. 1/4. Visite à quelques expositions les plus intéressantes. Les groupes seront constitués comme pour la visite du 22, et seront guidés par les mêmes personnes. — 10 h. 1/4. **Fontaines lumineuses.** — Visite de l'infrastructure des fontaines lumineuses. — Réunion, derrière la fontaine principale au milieu des jardins.

Visite *H.* — **Gennevilliers.** — Une excursion spéciale aura lieu à Gennevilliers (utilisation des eaux d'égout). — 9 h. Réunion, place de la Madeleine, près le boulevard Malesherbes. — (Même emplacement que le 22 juin.) — Départ par break à 9 h. 1/4. — Visite des usines d'élévation d'eaux d'égout. — 11 h. 1/2. Déjeuner à Gennevilliers. — 1 h. 1/2. Retour, place de la Madeleine

(II. — Après-midi).

Visite *I.* — **Musée Historique de la Ville de Paris,** avec autorisation spéciale de M. Cousin, conservateur. — 2 h. Rendez-vous, 23, rue de Sévigné.

Visite *J.* — **Conservatoire des Arts et Métiers,** avec autorisation spéciale de M. le colonel Laussédat, directeur. — 2 h. Rendez-vous, rue Saint-Martin, 292.

Visite *L.* — **Hotel des Invalides.** — 1 h. Rendez-vous, place Vauban. — Visite du tombeau de Napoléon Ier et du Musée rétrospectif d'artillerie.

Visite *M.* — 1 h. 1/2. **Jardin des Plantes,** jardin botanique et zoologique, place Walhubert, en face la gare d'Orléans (avec autorisation spéciale de M. le Conservateur). — Ménagerie, galerie d'histoire naturelle, de paléontologie, minéralogie, serres, etc.

Les groupes, constitués comme pour la visite du 22, se sont rendus à l'Exposition pour y continuer leurs visites.

Un certain nombre d'Ingénieurs américains, sous la conduite de M. Bechmann, visite l'infrastructure des fontaines lumineuses, ainsi que le Pavillon de la Ville de Paris.

Musée Historique de la ville de Paris.

(Musée Carnavalet.)

Mardi 25 juin.

Un certain nombre de membres faisant partie de l'excursion sont reçus par M. Cousin, conservateur, qui leur souhaite la bienvenue.

M. Brichaut, sous la conduite duquel se fait la visite, présente M. Cousin à ses confrères en leur disant :

« Vous avez devant vous, Messieurs, le type de la modestie unie » à l'érudition. Lorsque le feu eut détruit les riches collections de » livres, de tableaux, de gravures de la ville de Paris, M. Cousin » se mit à l'œuvre pour réparer le désastre ; il se sépara de ses » trésors propres, de ses enfants chéris et les offrit au Musée » Carnavalet ; ce fut le premier fonds qui depuis s'augmenta sans » cesse sous son habile direction. Une fois de plus, on peut dire » que le Phénix renaît de ses cendres. »

La promenade-conférence, dirigée par M. Cousin, est des plus intéressantes et dure deux heures environ.

M. Hervegh traduit les explications fournies, à la grande satisfaction des visiteurs qui, en se retirant, chargent M. Kern d'exprimer tous leurs bons sentiments au conservateur.

On se sépare en ne se disant pas adieu, mais au revoir.

Visite des Ingénieurs américains à Gennevilliers.

Le mardi 25 juin, les Ingénieurs américains, invités de la Société des Ingénieurs civils, devaient se rendre au nombre d'une centaine environ à la visite des établissements de Gennevilliers pour l'utilisation des eaux d'égout de la Ville de Paris. A neuf heures un quart, une cinquantaine de ces messieurs, guidés par notre ancien président, M. A. Brüll, et quelques Ingénieurs français, partaient de la place de la Madeleine dans des landaus mis gracieusement à leur disposition par la Société.

On arrive vers dix heures à l'usine de Clichy, située à côté de l'usine de la Compagnie Parisienne du Gaz.

Nous sommes reçus par M. Launay, Ingénieur de la Ville et chargé spécialement depuis le mois de mai dernier d'étudier l'extension de ce service qui, sorti depuis peu de l'état d'expérience, a déjà converti tous ceux à qui il a été donné de l'apprécier, et

qui arrivera, dans un avenir rapproché, à débarrasser la Seine en aval d'Asnières des eaux noires et infectes sortant du grand collecteur. M. Launay nous explique d'abord sur un plan très clair l'extension actuelle et le projet futur qui sera exécuté quand les habitants des communes intéressées auront, comme Gennevilliers, compris que, nouveau Nil, le grand collecteur est destiné à apporter la richesse aux terres infertiles de leurs communes, loin de les empoisonner, comme ils le supposent encore obstinément.

L'usine de Clichy se compose d'une batterie de huit chaudières Farcot et de trois machines à vapeur, dont une jumelle du même constructeur. Ces machines, d'une force totale de 1 100 chevaux-vapeur environ, sont chargées d'élever, au moyen de pompes centrifuges Farcot, l'eau puisée dans le grand collecteur et de la répandre dans la plaine de Gennevilliers. Chaque machine actionne deux pompes jumelées, système Périgault-Farcot. Le liquide refoulé est envoyé dans une canalisation de 1,10 *m* environ de diamètre qui traverse la Seine sur le pont en aval d'Asnières. Un gigantesque trop-plein, placé à quelques mètres de l'usine, donnerait immédiatement l'alarme si la conduite principale venait accidentellement à se boucher. L'eau des égouts est refoulée dans cette canalisation principale qui, sitôt après le pont, se divise en un réseau innombrable de conduites accessoires qui couvrent d'une sorte de toile d'araignée souterraine la plaine de Gennevilliers. Chacune de ces conduites accessoires comporte de loin en loin des bouches fermées par une valve serrée par une vis sans fin, et, suivant les besoins du sol, ces orifices sont plus ou moins ouverts pour livrer passage au liquide fertilisateur. L'eau sortant de ces bouches est conduite dans des canaux à ciel ouvert de 60 *cm* environ de largeur sur une profondeur à peu près égale, et le long de ces canaux sont des vannes formées généralement d'une simple planche s'enfonçant dans une rainure, et c'est par ces ouvertures latérales que l'eau est déversée sur le sol, dans des sortes de rigoles, longeant chaque plate-bande et ouvertes ou obstruées avec de la terre, suivant que telle ou telle place a ou n'a pas besoin d'être arrosée. Le liquide ne touche jamais les parties vertes des plantes ; il baigne seulement la racine ; on ne voit que de la terre desséchée à côté de ces rigoles, et ce n'est que le sous-sol à quelques centimètres de la surface qui est baigné par l'eau d'égout. M. Launay, que bientôt viennent rejoindre M. Pommier, le manufacturier bien connu, maire de Gennevilliers, et M. Gaussier père, président du Syndicat des cultivateurs, nous

fait visiter en détail le jardin d'expérience de la Ville où se trouvent des instruments météorologiques de toutes sortes. Le soin assidu des Ingénieurs et de leur personnel jardinier a fait de ces quelques hectares une station agricole modèle, où l'eau de la Ville est non seulement décolorée et rendue potable, mais où de grands potagers produisent des légumes excellents.

M. Launay nous montre les expériences faites sur toutes les essences d'arbres et de fleurs et nous fait goûter des cerises et des fraises qui sont loin de sentir l'eau d'égout. Il nous montre des carrés de terrain complètement fermés de toutes parts, où l'on a pu étudier la quantité d'eau absorbée par le sol ou évaporée et la quantité retrouvée dans les drains; il nous explique tous les essais qu'a comportés cette vaste expérience et nous montre enfin le résultat vraiment surprenant de cette entreprise. La plaine entière est sillonnée à 3 ou 4 *m* en dessous du sol par des drains de 45 *cm* de diamètre qui, partant au nombre de 5 du centre de la presqu'île, c'est-à-dire de Gennevilliers même, rayonnent dans la direction de la Seine et lui restituent, malheureusement en pure perte, une eau admirable de clarté et sans aucune saveur. Un de ces drains débouche au-dessous du jardin de la Ville, et c'est là que M. Launay nous fait admirer cette eau régénérée ; nos collègues américains n'éprouvent aucune répulsion, au contraire, à en goûter et ils ne peuvent s'empêcher d'applaudir à ce merveilleux résultat. Bien des villages, pour ne pas dire tous, ambitionneraient, s'ils les connaissaient, des sources aussi claires et aussi abondantes.

Notre hôte nous conduit ensuite à une autre station où l'on n'étudie plus seulement la fertilisation du sol, mais où l'on fait des essais pour voir quelle quantité maxima le sol pourrait absorber ; au lieu de 40 à 50 000 m^3, quantité normale par hectare, le sol en absorbe 120 à 130 000, soit environ *32* à *33 l* par mètre carré et par jour. Les produits n'en sont que plus beaux et jamais la moindre saveur ne rappelle le liquide qui les arrose.

Actuellement, 150 000 m^3 sont élevés dans l'usine par journée de douze heures et répandus dans la plaine de Gennevilliers sur 800 *ha* de terres.

Pour absorber complètement les eaux du Grand Collecteur, il faudrait que l'usine soit trois fois plus forte et marche jour et nuit. Les eaux sont données aux agriculteurs sans aucune rétribution. Un quart seulement de la presqu'île, ou du moins des 800 *ha* arrosés, peut recevoir l'eau chaque jour, de telle sorte qu'il faut quatre jours pour que tous les terrains soient arrosés. Cet essai.

déjà fort sérieux comme on le voit, est loin de suffire, et la question de la désinfection de la Seine au-dessous de Paris ne pourra être résolue que quand le champ des irrigations aura été accru des terrains d'Achères, affectés par la loi du 4 avril 1889, et des autres terrains de la vallée de la Seine, éminemment propres à l'utilisation agricole des eaux d'égout.

Après avoir parcouru les cultures d'une partie de la plaine, les voitures conduisent les Ingénieurs au restaurant Vanot, où un déjeuner a été préparé. Des toasts sont successivement portés, d'abord par M. Brüll, qui remercie M. Launay de l'intéressante visite qu'il nous a fait faire, et qui conseille aux Américains qui ont la chance de ne pas être aux prises avec les mêmes difficultés, de prendre modèle sur les travaux de la Ville de Paris, quand l'agglomération de leurs cités les mettra en demeure de se débarrasser des résidus des grands centres populeux. Il rappelle les difficultés matérielles et surtout morales de toutes sortes qui ont empêché ce projet de se réaliser plus tôt, et il termine en remerciant M. Pommier et M. Gaussier de leur aimable accueil, et les Ingénieurs américains de l'intérêt qu'ils ont pris à cette visite.

M. Launay prend ensuite la parole et rappelle le souvenir de M. l'Ingénieur en chef Durand-Claye, le promoteur et l'apôtre de cette belle entreprise, que la mort est venue avant le temps arracher à ses travaux et à la reconnaissance de tous.

M. Kint, Ingénieur américain, reconnaît que le Nouveau Monde sera bientôt obligé de suivre l'exemple de l'Ancien et de veiller à la salubrité des habitants ; il rappelle spirituellement toutes les merveilles qu'il a été donné de voir aux Ingénieurs américains pendant leur séjour, qui n'a été qu'une suite d'admirations et d'étonnements.

M. de Garay, de Mexico, ajoute que le nom de Gennevilliers est peut-être plus connu de l'autre côté de l'Atlantique que de celui-ci. M. Pommier, maire de Gennevilliers, avoue en quelques paroles émues qu'il n'a pas toujours été partisan de l'entreprise, mais qu'il en est maintenant bien puni, puisque son avis n'a pas prévalu, mais en même temps bien récompensé, puisque la prospérité est venue chez ses administrés. Enfin, pour ne pas oublier celles qui, malgré leur promesse, se sont fait remarquer par leur absence, M. Coignet porte le toast aux dames.

A 3 heures, on prenait congé de ces Messieurs en les remerciant à nouveau, et à 4 heures les Ingénieurs étaient de retour à la place de la Madeleine, enchantés de cette intéressante journée.

Assainissement de la Seine. — Utilisation agricole des eaux d'égout.

Les égouts de Paris déversent toutes leurs eaux dans trois collecteurs. Celui de la rive gauche et celui de la rive droite envoient leurs eaux dans un tronc commun qui débouche en Seine, à l'aval de Paris, à Clichy, près du pont d'Asnières ; ils débitent par jour de 260 000 à 320 000 m^3. Le troisième collecteur, dit départemental, recueille les eaux des versants nord de la butte Montmartre et des quartiers hauts de Paris. Il a un débit de 40 000 à 60 000 m^3.

Pour remédier à la pollution de la Seine, les études du service de l'assainissement ont abouti à la grande démonstration actuelle de Gennevilliers, c'est-à-dire à l'épuration des eaux d'égout par l'action d'un sol perméable et de la végétation.

I. — Service des irrigations de la plaine de Gennevilliers.

Alimentation. — Les eaux d'égout sont amenées dans la presqu'île de Gennevilliers, c'est-à-dire dans la boucle formée par la Seine entre Clichy et Argenteuil par deux voies bien distinctes.

La première consiste dans un égout ovoïde de 1,60 *m* de hauteur sur 0,90 *m* de largeur, greffé à la porte de la Chapelle sur le collecteur départemental ; cette dérivation amène les eaux, par la pente seule jusqu'au pont de Saint-Ouen qu'elle traverse au moyen de trois conduites en fonte de 0,60 *m* ; elle a une longueur de 3 722 *m*.

La deuxième part du collecteur d'Asnières et consiste dans une galerie de 550 *m* de longueur établie sous le chemin n° 39 qui borde la Seine, entre le débouché du collecteur et l'usine de Clichy ; elle conduit les eaux d'égout dans une galerie avec banquettes formant puisard d'aspiration pour les machines élévatoires.

L'usine de Clichy comporte actuellement 1 100 chevaux de force, fournis par trois groupes de machines et pompes (150, 250 et 700 chevaux).

Les machines sont horizontales à condensation (système Corliss-Farcot) ; elles sont alimentées par huit générateurs de vapeur avec chaudières tubulaires à faisceau mobile et réchauffeur. Les pistons mettent en mouvement un volant de grand diamètre, engrenant directement un pignon monté sur l'arbre des pompes centrifuges qui sont doubles (système Perrigault-Farcot), la première étant en communication avec le puisard d'aspiration et avec la seconde,

et cette dernière communiquant avec la conduite de refoulement; ces pompes peuvent élever environ 3 600 *l* par seconde.

L'eau d'égout aspirée est refoulée dans deux conduites en fonte de 1,10 *m* de diamètre. qui passent sous les trottoirs du pont de Clichy et débouchent à son extrémité dans des conduites de 1,25 *m* de diamètre en maçonnerie de meulière, appartenant à la distribution de la plaine de Gennevilliers.

L'usine est d'ailleurs en état d'assurer l'élévation de la totalité des eaux du collecteur d'Asnières au-dessus du niveau de la Seine. dans les temps de crues exceptionnelles, de manière à empêcher l'inondation des quartiers bas de Paris par reflux dans les égouts.

Distribution. — La distribution comprend, en dehors des conduites maîtresses qui partent du pont de Clichy et du pont de Saint-Ouen, un réseau de conduites en béton moulé de diamètres variant de 1 *m* à 0,30 *m*, d'une longueur totale de 40 *km*.

Toutes ces conduites ont été établies à titre gratuit sous les chemins vicinaux et ruraux de la commune de Gennevilliers, en vertu de traités passés par cette dernière avec la Ville de Paris.

La distribution sur les terrains irrigués s'opère à l'aide de bouches placées à l'extrémité de branchements en poterie, fermées par des clapets ou chapeaux à vis; les terrains sont tous disposés en raies et billons, de manière que l'eau d'égout baigne les racines et pénètre dans le sol sans humecter les feuilles des plantes.

Drainage. — Un système de drainage a été établi pour faciliter l'abaissement de la nappe souterraine.

Il se compose de conduites pleines en béton de 0,45 *m* de diamètre formant collecteurs et destinées à traverser le bourrelet imperméable qui borde la Seine et délimite la presqu'île de Gennevilliers. Les drains qui amènent l'eau à ces collecteurs sont des tuyaux de même diamètre, mais perforés. Ces drains, au nombre de cinq, sont disposés suivant cinq rayons du demi-cercle dont la presqu'île affecte la forme ; leur longueur totale est de 8 *km*, dont 4 450 *m* de conduites pleines et 3 450 *m* de conduites perforées.

L'un de ces drains, celui des Grésillons, débouche dans un petit canal à ciel ouvert qui conduit les eaux épurées dans la Seine.

Résultats. — Le cube d'eau d'égout envoyé dans la plaine de Gennevilliers, qui n'était que de 1 765 621 m^3 en 1872, a atteint 10 millions de mètres cubes en 1876, 15 millions en 1880 et enfin

27 866 960 m^3 en 1888. De 1872 à fin 1888, 258 000 000 m^3 d'eau d'égout ont été déversés et épurés sur la plaine de Gennevilliers.

La surface irriguée a subi une progression croissante ; partie de 51 *ha* elle est aujourd'hui de près de 900 *ha*.

Les résultats au point de vue de la culture sont des plus satisfaisants ; la plaine de sable, autrefois stérile, est aujourd'hui couverte des produits les plus variés et les plus abondants : légumes de toutes sortes, céréales, prairies, pépinières, etc. ; c'est surtout la culture maraîchère qui domine.

La dose moyenne d'eau d'égout consommée à l'hectare ressort à 38 000 m^3 ; elle est en réalité, en tenant compte des non-valeurs, de 50 000 m^3. Certaines parcelles traitées, à titre d'expérience, aux plus hautes doses reçoivent jusqu'à 80 000 m^3 à l'hectare.

La valeur locative des terrains, qui était anciennement de 90 à 150 *f* l'hectare est aujourd'hui de 450 à 500 *f* dans tout le périmètre irrigué. Quant à la valeur du fonds elle est de 10 000 à 12 000 *f* l'hectare ; elle a atteint dans quelques ventes 22 000 *f* l'hectare.

Le produit brut obtenu par les cultivateurs varie entre 3 000 et 10 000 *f*.

La nappe souterraine, par suite de la bonne répartition des eaux et de l'établissement des drains, reste à un niveau peu élevé. La pureté des eaux de cette nappe, frappante au seul coup d'œil à la sortie des drains, a été vérifiée par de nombreuses analyses.

Les quantités d'azote organique ou ammoniacal y sont infiniment petites et n'atteignent pas 0,001 *gr* par litre ; au microscope, 1 cm^3 des mêmes eaux montre à peine une douzaine de microgermes, tandis que l'eau de la vanne en contient dans le même volume 62 ; l'eau de la Seine à Bercy 1 400 et l'eau d'égout 20 000.

L'état sanitaire de la commune de Gennevilliers ne laisse rien à désirer ; la population s'est accrue, entre les deux recensements de 1876 et de 1886, de 86 0/0.

II. — Extension des irrigations a l'eau d'égout vers Achères.

Pour arriver à l'assainissement complet de la Seine il est nécessaire d'entrer résolument dans la voie ouverte par l'expérience de Gennevilliers et d'ajouter de nouveaux terrains à ceux qui sont déjà consacrés à la culture par l'irrigation à l'eau d'égout.

Les ingénieurs du service municipal ont en conséquence étudié un projet comprenant l'extension des irrigations sur les terrains

domaniaux (fermes et tirés), qui se trouvent sur le territoire d'Achères à l'extrémité nord-est de la forêt de Saint-Germain.

Le 23 juin 1880, le Conseil municipal de Paris a donné son approbation à ce projet et, après une longue et laborieuse instruction, le projet de loi ayant pour but la déclaration d'utilité publique des travaux et la cession à la Ville de Paris des terrains domaniaux (800 *ha*) a été définitivement adopté par le Parlement ; la loi a été promulguée le 4 avril 1889 et l'on va maintenant passer à l'exécution.

Après cette nouvelle étape, et pour compléter l'assainissement de la Seine, en la débarrassant de la totalité des eaux d'égout, il restera à étendre les irrigations sur une surface au moins double de celle que fournissent à la fois la plaine de Gennevilliers et le domaine d'Achères.

Le Conseil municipal s'en est déjà préoccupé, et, par deux délibérations du 21 mars 1888, il a, d'une part, invité l'administration à étudier les moyens d'irriguer à l'eau d'égout le domaine de Méry-sur-Oise (450 *ha* environ), primitivement destiné à l'établissement d'une vaste nécropole, et, d'autre part, à entrer en négociation avec un propriétaire de la vallée de la Seine pour l'acquisition d'une ferme de 200 *ha* de superficie. Ce sont des jalons posés pour une nouvelle marche en avant ; l'appoint de la culture libre fera aisément le reste ; et, s'il est donné suite à ces projets, on peut dire avec assurance que, dans un temps limité, la Seine sera débarrassée des eaux qu'y déversent les collecteurs de Paris.

Pour que le résultat soit complet, il faudra d'ailleurs épurer celles des eaux d'égout qui ne peuvent rejoindre actuellement les collecteurs.

Tel serait l'objet d'un autre système d'irrigations, beaucoup moins important, qui serait installé vers l'amont de Paris et pour lequel on a désigné déjà les terrains essentiellement favorables de la plaine d'alluvions, qui s'étend sur les territoires de Créteil, Maisons-Alfort, Choisy-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges et Valenton.

L'Ingénieur de l'assainissement de la Seine,

F. LAUNAY.

Le mercredi 26 juin comportait le programme suivant, qui a été modifié en reportant la visite de l'Hôtel de Ville au lendemain 27 et en la remplaçant par une excursion aux établissements de MM. Decauville, à Petit-Bourg.

MERCREDI 26 JUIN *(I. — Matin)*.

Visite *N.* — HOTEL DE VILLE. — Visite par autorisation spéciale de M. Alphand, inspecteur général des ponts et chaussées et directeur général des travaux de la Ville de Paris et du département de la Seine. — 9 h. 1/2. Rendez-vous, place de l'Hôtel-de-Ville. — Visite des sous-sols et installations diverses des salles et galeries.

Visite *O.* — VISITE DU MUSÉE DES THERMES ET DE L'HOTEL DE CLUNY, avec l'autorisation spéciale et sous la direction de M. Darcel, conservateur du Musée. — Antiquités nationales et monuments les plus anciens de Paris. — 11 h. Réunion, 24, rue du Sommerard.

Visite *P.* — BIBLIOTHÈQUE NATIONALE, manuscrits, médailles, estampes, avec autorisation spéciale de M. Delisle, administrateur. — 2 h. 1/2. Rendez-vous dans la cour de la Bibliothèque. — Visite sous la direction de MM. les conservateurs de la Bibliothèque.

Visite *Q.* — MANUFACTURE NATIONALE DE SÈVRES, avec autorisation spéciale de M. Th. Deck, administrateur. — 2 h. 24. Départ, gare du Champ-de-Mars. — Arrivée à Sèvres à 2 h. 44. — 1 h. 30. Départ par la gare Saint-Lazare. — Visite des ateliers sous la conduite de M. Th. Deck, administrateur.

Manufacture de Sèvres.

Le mercredi 26 juin, cent à cent vingt Ingénieurs américains, dont le quart environ, accompagnés de leurs femmes (soit en tout cent trente à cent cinquante personnes) ont visité la manufacture de Sèvres ; M. Hunt, vice-président de l'Institut des Ingénieurs des Mines, était parmi nos hôtes américains.

Nous avons été reçus par M. Deck, administrateur-directeur.

Deux groupes ont été formés, et sous la conduite de M. Périssé, vice-président, et de M. Coignet, ils ont visité successivement le musée et les ateliers (ceux-ci ont été montrés par M. Hallion, chef des ateliers de décoration).

La visite a duré près de deux heures et les splendides produits de Sèvres ont fait l'admiration des Ingénieurs et des ladies américains.

La visite aux ateliers de MM. Decauville, bien que non portée au programme, a obtenu le plus grand succès. Un train spécial devait transporter nos invités. Nos confrères américains ont été reçus avec une amabilité et une cordialité parfaites par M. Decau-

ville et sa famille, et ont pris le plus vif intérêt à la visite des ateliers de Petit-Bourg.

Cette magnifique réception a terminé la série des visites inscrites au programme de la Société des Ingénieurs civils.

La veille, le mercredi soir, M. Towne, président de la Société américaine, avait réuni ses collègues à l'amphithéâtre de la Société, pour prendre les mesures concernant la séparation des visiteurs après la visite à Petit-Bourg. Là, ces messieurs décidèrent qu'une lettre serait adressée à la Société des Ingénieurs civils, pour la remercier de son excellent accueil.

Avant de terminer, constatons que le beau temps a toujours favorisé les diverses excursions, et qu'il y a lieu de remercier M. Brüll, président de la Commission d'organisation, pour le soin qu'il a apporté, d'abord à la rédaction, puis à l'exécution du programme. Toutes les parties de ce programme ont été exécutées de point en point, et malgré le grand nombre de nos invités, qui rendait la chose plus difficile, rien de ce qui pouvait être utile ou agréable à nos hôtes n'a été omis.

Il serait injuste de passer sous silence le nom de notre sympathique agent général, M. de Dax, auquel la Commission avait confié l'exécution de la partie matérielle du programme, et qui nous a donné, dans cette première réception, la mesure de son talent d'organisation. Nous sommes donc ici l'interprète, non seulement de nos collègues, mais encore de nos invités, en lui présentant toutes nos félicitations.

Le Comité avait exprimé à M. le Préfet de la Seine et à M. le Président du Conseil municipal de Paris le désir des Ingénieurs américains de visiter l'Hôtel de Ville ; aussi, le jeudi 27 juin, les Américains étaient reçus à l'Hôtel de Ville, et nous donnons ci-après, d'après le *Bulletin municipal officiel*, le détail de cette réception :

Réception des Ingénieurs américains à l'Hôtel de Ville.

Le jeudi 27 juin, à quatre heures, M. Chautemps, président du Conseil municipal, entouré des membres du Bureau, a reçu les Ingénieurs américains, qui lui ont été présentés par M. Eiffel, président des Ingénieurs civils.

En présentant ses collègues, M. Eiffel a prononcé les paroles suivantes :

« Monsieur le Président,

» Messieurs les Membres du Conseil municipal,

» J'ai l'honneur, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, représentée ici par son Bureau, de vous présenter une délégation des Ingénieurs américains représentant la Société des Ingénieurs civils des États-Unis, la Société des Ingénieurs-Mécaniciens et l'Institut des Ingénieurs des mines. Ces Messieurs sont venus en très grand nombre visiter notre Exposition et la Société des Ingénieurs civils a pu, grâce à vous, leur assurer partout bon accueil et leur montrer les choses les plus intéressantes que pouvait leur offrir la ville de Paris.

» Ils ont d'abord été frappés de l'éclat et du bon goût de nos fêtes en participant à la fête municipale du parc Monceau. (*Applaudissements.*)

» L'étude de l'Exposition de la ville de Paris où ils ont été guidés par l'un de vos ingénieurs, M. Bechmann, les a fait pénétrer dans tous les détails de cette merveilleuse organisation qui caractérise notre grande ville.

» La visite des égouts et l'utilisation des eaux-vannes à Gennevilliers, qui n'ont pas leurs similaires aux États-Unis, les ont vivement intéressés. Ils se montrent très touchés de la cordialité avec laquelle ils ont été partout accueillis, et ils emporteront, j'en suis sûr, un souvenir durable de l'honneur que vous leur faites aujourd'hui en les recevant au nom de la ville de Paris. Cette belle réception sera un lien de plus entre la République américaine et la République française en affirmant la solidarité qui les unit.

» Monsieur le Président, j'ai l'honneur de vous présenter M. Whittemore, ancien président de la Société des Ingénieurs civils des États-Unis et président du Comité d'Ingénieurs qui visitent notre pays.

» Messieurs,

» Permettez-moi, au nom de vous tous, d'adresser à M. Alphand l'expression de notre profond respect et de notre admiration pour l'œuvre qu'il a accomplie pendant sa carrière d'ingénieur. Non seulement il a passé sa vie à embellir et à assainir Paris, mais il vient encore de le doter, par les Palais de l'Exposition, de merveilles qui sont, pour la plus grande gloire de la France, l'objet de l'admiration universelle. » (*Applaudissements prolongés.*)

M. le président du Conseil municipal a souhaité en ces termes la bienvenue aux Ingénieurs américains :

« Messieurs,

» J'ai l'honneur d'adresser à Messieurs les Ingénieurs américains le salut sympathique de la ville de Paris.

» Vous êtes, Messieurs, deux fois les bienvenus parmi nous : vous êtes les bienvenus parce que vous êtes des Ingénieurs, et vous l'êtes aussi parce que vous êtes des Américains. (*Applaudissements.*)

» Ingénieurs, vous avez droit à une gratitude et à des acclamations particulières au milieu de ces splendeurs, qui, si elles ne sont pas directement votre œuvre, marquent du moins des progrès auxquels vous avez grandement contribué, car nous sommes unanimes en France, Messieurs les Ingénieurs américains, à reconnaître votre grande science et la hardiesse de vos conceptions. (*Applaudissements.*) L'Exposition universelle est la glorification de votre profession, et vous avez à ce point accaparé l'admiration de nos visiteurs, Messieurs les Ingénieurs, que l'on se demande s'il en pourra rester assez pour les merveilles contenues dans les palais que vous avez construits.

» Et, parmi toutes ces choses si belles que l'on ne se lasse pas de contempler, je vous demande la permission, Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils, de mentionner d'une façon toute spéciale la Tour Eiffel, ce monument prodigieux qui semble vouloir porter jusqu'aux nues, pour emprunter à Bossuet son style imagé, le magnifique témoignage de votre hardiesse et de votre puissance. (*Applaudissements.*)

» Vous avez fait tellement beau, Messieurs, que l'on se demande si une critique ne pourrait pas vous être adressée, celle d'avoir fait un cadre tellement remarquable qu'il porte préjudice au tableau.

» Ce reproche, cependant, nous ne vous l'adresserons pas, car ce siècle est celui des ingénieurs, et il était naturel que l'Exposition laissât après elle des témoins impérissables du degré de perfection que vous avez atteint en si peu d'années.

» J'ai dit aussi, Messieurs, que votre qualité d'Américains vous conférait des droits spéciaux à notre sympathie ; nous ne pouvons oublier, en effet, que vos soldats et les nôtres ont mêlé leur sang sur les champs de bataille de l'indépendance américaine, et qu'à ces liens historiques s'ajoutent les liens actuels non moins solides.

ceux d'une amitié à toute épreuve, et qui est basée sur une communauté de sentiments et d'aspirations. » (*Applaudissements prolongés.*)

M. Whittemore, président honoraire des Ingénieurs américains, a prononcé l'allocution suivante :

« Monsieur le Président,

» Les Ingénieurs américains sont venus dans votre pays pour y apprendre ce qu'ils pourront dans cette noble profession dont l'objet le plus élevé est d'épargner le temps, la force et la matière pour le plus grand bien du genre humain. (*Applaudissements.*)

» Nous nous plaisons à reconnaître que nous avons beaucoup à puiser dans vos connaissances, et les réponses que vous tenez prêtes à nos diverses questions forment pour nous de précieux enseignements.

» Tandis que l'Amérique, la plus jeune des nations, la plus vieille des Républiques modernes, a porté à la présidence deux hommes qui s'étaient distingués dans une branche du génie civil, Washington et Lincoln, de son côté la France a mis à sa tête un éminent ingénieur.

» Honneur à la France ! Honneur au génie civil ! Honneur à M. le président Carnot !

» Nous vous remercions de tout cœur pour votre courtoisie à notre égard. » (*Applaudissements.*)

M. Towne, président des Ingénieurs américains, a prononcé les paroles suivantes :

« Monsieur le Président,

» Au nom de mes collègues, je vous remercie du bon accueil que vous venez de nous faire, et je regrette que ma connaissance imparfaite de votre langue ne me permette pas de vous montrer, comme je le voudrais, les sentiments que nous éprouvons tous.

» Mais, même dans ma propre langue, il me serait difficile de trouver l'expression de ces sentiments fraternels qui animent les Américains et les Français.

» Maintenant, Monsieur le Président, veuillez me permettre de vous présenter M. le professeur de Garay, qui vient du Mexique, cette autre République américaine, et qui parle le français beaucoup mieux que moi. M. de Garay saura vous dire, j'en suis bien sûr, quelle amitié cordiale et fraternelle nous éprouvons à votre égard. »

M. Francisco de Garay, professeur à l'École des Ingénieurs de Mexico, s'est exprimé en ces termes :

« Monsieur le Président,

» Messieurs les Conseillers,

» Je suis invité à traduire les paroles de nos collègues américains ; je ne pourrais pas le faire facilement, et je préfère vous répéter, non des paroles, mais vous exprimer le débordement de nos cœurs.

» Hier, en visitant ce beau palais municipal, nous avons tous admiré ses belles salles, ses arcades, ses escaliers. Comme ingénieurs et architectes, nous admirions sa construction, la belle taille de ses pierres ; mais nous étions surtout dominés par une pensée. Nous sentions que ce bel édifice communal, qui renaît de ses cendres comme le phénix, n'est que matière, et nous en cherchions l'âme : les souvenirs du passé se présentaient en foule à notre esprit.

» Nous ne pouvions pas oublier qu'à la grande époque de la Révolution, le peuple de Paris a trouvé ici son centre, et que c'est en ces lieux que se sont passées les scènes les plus émouvantes de notre histoire contemporaine ; et cette histoire est la nôtre ; les peuples d'Amérique, séparés du monde civilisé, tant par la politique que par la distance, n'avaient alors aucune communication directe avec le vieux monde ; mais la tempête grondait, la foudre parcourait les espaces et les mêmes idées agitaient le monde des deux côtés de l'Atlantique.

» C'est alors que se présenta le grand Franklin, qui montra la puissance de l'étincelle électrique et qui fut le précurseur de tous les progrès modernes, câbles, fils télégraphiques, qui relient les peuples entre eux dans un lien étroit de fraternité.

» Eh bien ! en visitant hier ce beau palais, nous nous reportions aux origines de notre histoire qui ne date que d'hier, et, dans ce centre de la ville de Paris, nous cherchions pour ainsi dire le cœur qui a battu pour le monde entier.

» C'était le cœur de la France que nous désirions trouver, et sentir battre dans notre main. Après ce pèlerinage, en rentrant chez nous, de cette Mecque de tous les républicains, nous pourrons dire à nos compatriotes que la France vit encore pour le bien de l'humanité, et qu'elle est toujours digne de notre admiration et de notre amour »

M. le Président, qui a répondu en quelques mots à chacun de ces discours, invite MM. les Ingénieurs américains et français à passer dans la salle voisine, où un vin d'honneur leur sera offert.

M. Lyon-Alemand, membre du Conseil municipal, vice-président du Conseil général de la Seine, a porté aux Ingénieurs américains le toast suivant :

« Mesdames et Messieurs,

» Au nom de la ville de Paris, je vous souhaite la bienvenue, je suis heureux de voir ici les citoyens de la libre Amérique. Nous avons aidé jadis à conquérir votre indépendance ; j'ai la profonde conviction que demain vous nous aiderez à conserver la nôtre.

» Je porte un toast à vous tous, qui êtes les défenseurs de la liberté et du progrès » *(Salve d'applaudissements.)*

RÉCEPTIONS DES INGÉNIEURS ANGLAIS

(Institut of Mechanical Engineers)

DU MARDI 2 AU SAMEDI 6 JUILLET 1889

PAR

M. HERSCHER Fils (Charles

Notre Société a reçu, du mardi 2 au samedi 6 juillet, la visite de l'Institut des « Mechanical Engineers » d'Angleterre, qui sur notre invitation est venu tenir à Paris son meeting annuel.

Toutes les matinées ont été consacrées au travail, et le programme, qui avait été suivi lors de la visite des Ingénieurs américains, a dû être modifié en conséquence. Un grand nombre de membres de notre Société s'était mis entièrement à la disposition de nos collègues étrangers pour les guider et les accompagner durant leurs visites.

Voici le programme qui a été suivi :

Réunion des Ingénieurs anglais au Conservatoire.

M. le colonel Laussedat avait mis à la disposition de nos collègues anglais le grand amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers. Le premier rendez-vous était fixé au mardi 2 juillet à 9 heures du matin. A l'heure dite, la séance était ouverte. Un très grand nombre d'ingénieurs anglais se trouvaient présents.

Notre président, M. G. Eiffel, prend le fauteuil et souhaite la bienvenue à la Société des « Mechanical Engineers ». Il est assisté de plusieurs de nos anciens présidents : MM. E. Trélat, L. Martin, A. Brüll, et de nos vice-présidents : MM. S. Périssé et P. Jousselin. Un certain nombre de nos collègues sont dans l'hémicycle autour du bureau.

M. Eiffel invite ensuite M. Cochrane, président de la Société des

« Mechanical Engineers » à prendre la présidence. Celui-ci remercie en termes chaleureux M. Eiffel des paroles de bienvenue qu'il vient de prononcer.

La séance commence et après les préliminaires usuels, le Secrétaire de la Société anglaise lit une communication de M. Ansaloni, notre collègue, sur les ascenseurs de la Tour Eiffel. M. G. Eiffel ajoute quelques renseignements sur le fonctionnement de ces appareils.

Différentes questions sont alors posées à M. Eiffel qui demande à M. A. Brüll de vouloir bien traduire à nos collègues anglais les réponses relatives aux oscillations de la Tour, à la dilatation de ses différents éléments et à l'action de l'électricité sur la Tour.

Visites à l'Exposition.

Dans l'après-midi rendez-vous avait été pris au Salon de la Société, au premier étage de la Galerie des Machines.

7 groupes différents avaient été organisés et nos invités guidés par des membres de notre Société ont pu visiter les différentes parties de l'Exposition qui les intéressaient le plus spécialement : les mines, la métallurgie, la mécanique, la chaudronnerie, les chemins de fer, l'électricité et les travaux publics.

Les Exposants ont mis la meilleure grâce à donner toutes les explications nécessaires et à répondre à toutes les questions qui leur étaient posées.

Réception à l'Hôtel de la Société.

Dans la soirée, nous recevions nos collègues à l'Hôtel de la Société. A cette occasion, la salle des séances avait été entièrement transformée ; un plancher recouvrait les gradins et formait ainsi une véritable salle de fête. Une vive animation et une franche gaieté n'ont pas cessé de régner pendant toute la durée de cette réunion amicale.

Dans les salles voisines, nos invités assistaient à des auditions téléphoniques leur permettant d'entendre *Esclarmonde* à l'Opéra-Comique. D'autre part, M. Trouvé avec ses sirènes à air, ses lampes électriques portatives et ses projections dans des liquides colorés ; MM. Serpollet frères avec l'installation de leur chaudière à tubes spéciaux ; M. Damoizeau avec son appareil photographique panoramique, augmentaient les attraits de cette charmante réunion.

Pour ne rien oublier, disons qu'un buffet dressé dans l'une des salles de l'Hôtel de la Société, était également très goûté de tous.

La soirée se termina vers minuit, laissant à chacun un agréable souvenir.

Rendez-vous avait été pris pour le lendemain,

Réunion au Conservatoire.

Mercredi 3 juillet.

Conformément à leur programme, les Ingénieurs anglais se réunissent de nouveau au Conservatoire.

M. Mac Farlane Gray fait une très intéressante communication sur : « la Rationalisation des expériences de Regnault. »

Après sa communication, M. Mac Farlane Gray se met à la disposition des membres de notre Société qui auraient des objections à lui présenter au sujet de sa communication

Groupe B. — Visite à l'Opéra.

Dans l'après-midi, rendez-vous avait été pris place de l'Opéra. Deux groupes se forment alors.

Le premier, sous la conduite de M. Eiffel, se dirige vers l'Opéra. Les membres qui le composent sont reçus à l'entrée par M. Vernes. Ingénieur de la Compagnie continentale Edison, qui les conduit immédiatement à l'usine installée dans les sous-sols.

M. Vernes donne des explications très étendues sur les différentes parties de cette installation : machines à vapeur de Wehyer et Richmond à double et triple expansion, chaudières Belleville, forage de Lippmann pour eaux de condensation, condenseurs recevant la vapeur de plusieurs machines, et actionnés isolément.

En remontant vers la scène, visite des postes téléphoniques qui permettent à certains abonnés de suivre les représentations, examen du jeu d'orgue, dispositions spéciales pour les effets de lumière sur la scène, visite du foyer de la danse et des loges.

Aux étages supérieurs, examen de la commande électrique des écrans des herses, ces écrans transformant instantanément la lumière blanche en lumière de diverses teintes. Enfin, visite des combles où se fait la manœuvre des toiles de fond.

La visite se termine par une promenade sur les toits et nos collègues anglais jouissent ainsi d'une vue splendide sur Paris.

Au sortir de l'Opéra, le groupe B, conduit par M. Brüll, trouve

des breaks mis à sa disposition par la Société et se rend aux ateliers de MM. Rouart frères.

Ateliers Rouart frères, 137, boulevard Voltaire.

MM. Rouart font voir à nos collègues anglais le dernier type de la machine à gaz Lenoir à mise de feu électrique, et une machine à pétrole d'une très grande utilité pour produire la force motrice partout où n'existe pas de gaz de houille.

MM. Rouart nous font ensuite examiner une machine à produire le froid, basée sur la liquéfaction de l'ammoniaque et sa dissolution dans l'eau. Cette machine produit facilement le froid de — 25° à — 30°. Elle est employée à la conservation des viandes de boucherie.

Un buffet luxueusement servi a trouvé auprès des invités de MM. Rouart tout le succès qu'il méritait. Nos collègues ont d'ailleurs été enchantés de l'accueil charmant qui leur avait été fait.

Groupe C. — Visites aux ateliers de la Compagnie P.-L.-M., rue de Charolais, 1.

Pendant que le premier groupe visitait l'Opéra, le second groupe sous la conduite de M. A. Gothschalk, se dirigeait vers les ateliers de la Compagnie P.-L.-M. que le Directeur général, M. Noblemaire, nous avait très gracieusement autorisés à visiter.

A l'entrée des ateliers, nous avons été reçus par MM. Henri, ingénieur en chef du matériel et de la traction ; Baudry, ingénieur-adjoint; Léon, ingénieur principal; Chabal, Maréchal, Vanderheim et les chefs des différents ateliers. Nous nous partageons en différents groupes et sous la conduite de ces Messieurs, nous visitons successivement les différents ateliers, forges, ajustage, montage, chaudronnerie du fer et du cuivre. Parmi les diverses machines spéciales notre attention est attirée par la machine à outils multiples pour longerons de locomotives et les fraiseuses

Nous passons ensuite aux ateliers de précision où se fabriquent les diverses pièces des freins, des lanternes, des ressorts, etc.

Puis, aux ateliers d'essais où se trouvent réunis de nombreux et savants appareils qui font de ce laboratoire une installation de premier ordre. Là, en effet, se trouvent groupées les machines les plus ingénieuses pour effectuer les essais à la flexion, à la compression, à la traction et à la torsion.

M. Henri, ingénieur en chef, nous parle notamment de récentes expériences faites sur la marche des locomotives. Le procédé qu'il nous décrit consiste à soulever du sol la locomotive en expérience

au moyen d'une écoperche métallique et à obtenir des diagrammes pour le lacet et le galop aux vitesses variées qu'elle peut atteindre. Les résultats obtenus ont été très utiles au point de vue de l'utilisation de ces machines.

Des rafraîchissements sont offerts aux visiteurs et M. Thomlison, vice-président de la Société des Mechanical Engineers, remercie chaleureusement les Ingénieurs de la Compagnie. Nos collègues anglais s'associent à ces remerciements en poussant trois vigoureux (cheers).

Au sortir des ateliers de la Compagnie, le deuxième groupe se rend chez MM Rouart frères, où il se rencontre avec le premier groupe.

Banquet à l'Hôtel Continental.

Le soir, nous nous trouvions réunis au nombre d'environ 350 dans les salons de l'Hôtel Continental où un banquet avait été préparé.

De toutes parts, les conversations qui s'engagèrent ont donné à ce banquet un entrain des plus remarquables, et l'animation était à son comble lorsque le dessert amena son cortège de toasts.

M. Cochrane, président de la Société des Mechanical Engineers, porte les toasts suivants :

à la Reine

Suivi du *God save the queen*, chanté en chœur par les Anglais;

à la Famille Royale ;

au Président de la République,

toast très longuement applaudi et salué des « cheers » de nos collègues anglais,

et enfin à M. Eiffel et à la Société des Ingénieurs civils.

Ces toasts ont soulevé l'enthousiasme général. Au nom de M. Eiffel, les Ingénieurs anglais ont entonné en chœur le refrain populaire *for he is a jolly good fellow.*

Notre Président, M. Eiffel, se lève à son tour et prononce les paroles suivantes :

DISCOURS PRONONCÉ PAR M. EIFFEL LORS DU BANQUET OFFERT PAR « THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS », LE 3 JUILLET 1889, A L'HOTEL CONTINENTAL.

Messieurs,

Votre président, M. Cochrane, vient de porter un toast des plus gracieux à la Société des Ingénieurs civils et au succès de l'Exposition.

Je le remercie sincèrement de ses aimables paroles.

En lui faisant notre meilleur accueil, ainsi qu'à la Société des Ingénieurs mécaniciens anglais, nous ne faisons qu'obéir à nos idées de fraternité scientifiques, qui sont l'une de nos traditions.

Nous acquittons aussi une dette de reconnaissance : chacun sait quel excellent accueil ces messieurs nous réservent chez eux et combien largement ils entendent l'hospitalité. Quoi que nous fassions, nous ne leur rendrons jamais ce qu'ils ont déjà fait en de nombreuses occasions pour les Ingénieurs français. Nous sommes heureux d'avoir une fois de plus l'occasion de les en remercier et de leur témoigner notre plus cordiale estime.

En ce qui concerne notre Exposition, nous avons le plus grand plaisir à leur en montrer les beautés artistiques et industrielles. Nous nous plaisons à espérer qu'ils en rapporteront dans leur pays un bon souvenir. Ils y auront vu une France qui travaille et qui pense, qui se fait gloire non seulement de ses artistes, mais aussi des travailleurs de tout ordre et de tout rang, et qui ne cherche qu'à entretenir avec toutes les nations les relations les plus amicales, en marchant avec elles dans la voie du progrès. Cette Exposition aura servi à effacer bien des préventions et je ne crois pas me tromper en supposant qu'un grand nombre de peuples regrettent de ne pas y participer d'une manière plus complète.

Pour l'Angleterre, nous avons eu une fois de plus un remarquable exemple de ce que peut l'initiative privée, qui est l'une des traditions de ce grand pays. Sous l'impulsion énergique d'un homme dont j'aime à rappeler ici le nom, le précédent lord-maire de Londres, M. Polydore de Kayser, une exposition britannique s'est constituée et vous savez tous avec quel succès. Il a été aidé dans cette tâche à laquelle il s'est dévoué par deux hommes qui font partie de notre Société, M. Chapman et M. Aylmer, auxquels nous adressons, ainsi qu'à M. de Kayser, l'expression de notre gratitude.

Son A. R. Monseigneur le prince de Galles et sa famille ont visité avec le plus grand intérêt notre Exposition ; j'ai eu l'honneur de les guider moi-même dans la Tour et de recueillir le précieux témoignage de leur satisfaction pour les travaux d'un Ingénieur français.

J'espère qu'il en sera de même pour la Société des Ingénieurs mécaniciens anglais, que vous représentez si dignement ici, et vous voudrez bien croire à la sincérité des sentiments de notre Société, dont je suis aujourd'hui l'organe, en levant mon verre à

la prospérité de votre institution et à la confraternité des Ingénieurs de nos deux pays.

M. J. Head, ancien Président des « Mechanical Engineers » porte un toast à M. Decauville et aux personnes qui ont reçu ou recevront chez elles les Ingénieurs anglais.

M. E. Decauville lui répond.

M. P. Buquet, Président de la Société des anciens élèves de l'Ecole Centrale, souhaite la bienvenue aux Ingénieurs anglais.

M. le professeur Thurston lui répond.

Enfin M. Cochrane porte un toast à M. Chapman, qui s'est mis à la disposition des Ingénieurs anglais pour leur faciliter leur séjour à Paris.

M. Chapman, M. Vaslin, son collaborateur, M. de Dax prennent tour à tour la parole et terminent ainsi la série des toasts.

Les conversations reprises aussitôt, se continuent dans le salon voisin où le café était servi, et cette cordiale réunion, laissant chacun sous le charme, s'est terminée vers minuit.

Jeudi 4 juillet.

Dans la matinée a eu lieu la dernière séance du meeting de la Société des Mechanical Engineers.

Le programme de l'après-midi étant assez chargé nous avons dû nous diviser en plusieurs groupes pour accomplir les excursions projetées.

Visite à l'usine Popp, 16, rue Saint-Fargeau.

Le premier groupe, accompagné d'un certain nombre de nos collègues, s'est dirigé vers l'usine de transmission de la Force par l'air comprimé dont le directeur, M. Popp, a fait visiter tous les détails.

Visite à l'usine de M. L. Boudenoot. Transmission de la Force par l'air raréfié, rue Beaubourg, 41.

Ce groupe s'est ensuite rendu chez M. Boudenoot, à l'usine de la transmission de la force par l'air raréfié sous la conduite de M. Brüll.

MM. Boudenoot et Petit reçoivent les visiteurs et leur donnent des détails sur le fonctionnement de leur système.

La Société a été autorisée par le Conseil Municipal de Paris à poser ses canalisations dans les égouts et, depuis lors, un certain nombre d'industriels emploient ce système.

Nos collègues anglais ont du reste pu se rendre compte des résultats obtenus par des visites dans les ateliers des industriels qui emploient ce moyen de transmission de la force. Ils utilisent ainsi d'une manière remarquable les espaces restreints qu'ils ont à leur disposition. M. Boudenoot a également donné des explications sur les moteurs qu'il emploie et qui ont obtenu le prix des petits moteurs industriels, décerné par la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

Visite aux égouts de Paris.

Pendant le même temps un autre groupe au nombre d'une centaine, sous la conduite de M. A. Gothschalk, visitait les égouts de Paris.

Rendez-vous avait été pris, place de la Madeleine, où M. Bechmann, ingénieur en chef du service des Eaux et de l'Assainissement de la ville de Paris, attendait nos invités pour leur faire visiter le curieux sous-sol de Paris. L'embarquement a eu lieu sur le collecteur de la rue Royale et le parcours s'est effectué en bateau jusqu'à la place de la Concorde. Là, un transbordement a eu lieu et des wagonets ont emmené les visiteurs jusqu'à la place du Châtelet. Pendant toute la durée du trajet, des explications étaient fournies aux Ingénieurs anglais par nos collègues français qui les accompagnaient.

Visite aux ateliers de MM. Sautter, Lemonnier et Cie, 26, avenue de Suffren.

Dans la soirée, une centaine de nos invités se sont rendus chez MM. Sautter et Lemonnier, avenue de Suffren.

Ils ont été reçus par M. Sautter fils qui leur a fait visiter en détail les différentes parties de ses vastes ateliers très bien organisés et splendidement éclairés à l'électricité. Nos collègues anglais ont pu voir un modèle de phare à lampe, divers types d'appareils de levage du système Mégy, Echeverria et Bazan, puis les appareils électriques Mangin aujourd'hui utilisés dans l'armée pour les signaux ; un type spécial de poste de signaux, comprenant : chaudière, machine, dynamo et projecteur, le tout

monté sur roues et facilement transportable ; ils ont encore particulièrement remarqué un nouveau type de machines pilon à grande vitesse, nouvellement créé par MM. Sautter et Lemonnier.

Nos invités ont fait une longue station sur le phare de la maison, d'où partaient des projections des appareils Mangin dirigées sur la Tour Eiffel et le Dôme Central. De là, ils jouissaient du magnifique spectacle de la fête de nuit du Trocadéro, de l'embrasement de la Tour et du feu d'artifice de l'île des Cygnes.

La visite s'est terminée au bureau de dessin, entièrement éclairé par la lumière diffuse renvoyée par le plafond blanc, éclairé lui-même par des lampes à arc à abat-jour renversé. Dans cette salle le champagne était servi, et là les visiteurs ont chaleureusement remercié MM. Sautter et Lemonnier par trois vigoureux « cheers ».

Vendredi, 5 juillet.

Ascension à la Tour Eiffel. — Banquet.

Dès 8 heures du matin, un grand nombre d'ingénieurs anglais et français se trouvaient réunis auprès du pilier Sud de la Tour de 300 *m.* Peu de temps après est arrivé M. Eiffel et immédiatement l'ascension a commencé. M. Eiffel a fait les honneurs de la troisième plate-forme et des étages supérieurs et a donné des explications sur les différents points aperçus de la Tour à des distances d'environ 90 *km.* Des cartes détaillées ont été distribuées aux visiteurs, et, sur leur prière, M. Eiffel a bien voulu apposer sa signature sur chacune des cartes.

A midi tout le monde était réuni dans le restaurant Brébant, au premier étage de la Tour, où était préparé le banquet.

Après une causerie animée, M. Eiffel se lève au milieu des applaudissements et remercie vivement les membres de la Société des « Mechanical Engineers » des sentiments de cordialité qui lui ont été témoignés pendant la visite qui vient d'être faite à la Tour. Il remercie aussi MM. Noblemaire, Laussedat, Rouart, Sautter, Lemonnier, Vernes, Plassart, Morin, Fillot, etc., qui nous ont ouvert leurs établissements.

Des toasts ayant déjà été portés dans d'autres circonstances :

A la Reine d'Angleterre,

A la Famille Royale,

Au Président de la République,

M. Eiffel se contente d'exprimer les sentiments de sympathie qui unissent les Ingénieurs anglais et les Ingénieurs français.

M. Eiffel rappelle que les Ingénieurs français, en exécutant de grands travaux métalliques, ont suivi une voie ouverte avec éclat par les Ingénieurs anglais, et porte un toast à la Société des « Mechanical Engineers » à laquelle il souhaite toutes les prospérités qu'elle peut désirer. M. Eiffel est heureux d'exprimer ces sentiments en serrant la main de leur président, M. Cochrane.

M. Cochrane, répondant à M. Eiffel, regrette vivement que le temps lui manque pour rappeler les points intéressants de la visite qui vient d'être faite à la Tour sur lesquels il y avait tant à dire. Les visiteurs croient avoir tout vu, eh bien! peu de personnes ont vu la cuisine à la vapeur, système de notre collègue M. Egrot, que M. Eiffel vient de lui montrer; cette installation mériterait à elle seule l'attention des ingénieurs.

Quelque limité que soit le temps, M. Cochrane peut cependant remercier la Société des Ingénieurs civils de ce qu'elle a fait pour recevoir la Société des « Mechanical Engineers », M. Cochrane remercie particulièrement M. Ansaloni qui l'a accompagné dans la visite de la Tour, et rappelant les paroles par lesquelles M. Eiffel faisait allusion aux origines des grandes contructions métalliques, M. Cochrane dit combien il est heureux de pouvoir constater que les élèves ont été dignes de leurs maîtres. Les grands travaux du Point-du-Jour, du viaduc de Garrabit, la Tour de 300 mètres font l'admiration du monde entier.

M. Cochrane termine en remerciant le Comité de réception en la personne de M. Brüll et porte un toast à M. Eiffel.

Ce toast est accueilli avec enthousiasme, trois cheers y répondent et nos collègues anglais se lèvent tous en chantant, suivant l'usage : « for he is a jolly good fellow », etc. Après une réponse en anglais de M. Brüll, nos invités, enchantés de l'accueil qu'ils ont reçu, se sont séparés pour se rendre aux voitures qui doivent les mener aux Magasins du Bon Marché.

Visite aux Magasins du Bon Marché.

Les directeurs de ces grands établissements, MM. Plassard, Morin et Fillot, nous accueillent d'une façon charmante et nous font visiter dans tout son ensemble la vaste usine située aux sous-sols des magasins. Le mot usine n'est certes pas déplacé ici en considération des nombreuses machines, générateurs, moteurs, dyna-

mos, etc., qui fournissent l'éclairage électrique aux Magasins du Bon Marché.

Après une très intéressante visite aux écuries et aux bâtiments annexes, les breaks nous conduisent à l'usine électrique du Palais-Royal.

Visite à l'usine Edison, au Palais-Royal.

M. Vernes, ingénieur de la Compagnie continentale Edison, dont les bureaux sont installés dans les anciennes cuisines du prince Napoléon, nous dirige en donnant des explications en anglais à nos hôtes,

Il y a dans l'usine six chaudières Belleville, des machines Wehyer et Richmond, dont une de 150 chevaux, actionnant des dynamos qui fournissent 800 ampères. Il y a, de plus, deux machines Lipernowski, dont l'une est spécialement affectée au service de l'Élysée.

Des pompes Dumont, actionnées électriquement, alimentent cinq réservoirs de 50 m^3 chacun, répondant à tous les besoins.

En sortant du Palais-Royal, plusieurs de nos collègues se dirigent vers le Palais de l'Industrie, où se faisaient les préparatifs du bal projeté pour le 10 juillet.

En même temps, le plus grand nombre se dirigeait vers la gare Saint-Lazare.

Installations hydrauliques de la Gare Saint-Lazare.

Nous sommes reçus dans le grand salon de l'Hôtel Terminus par M. Morlière, Ingénieur en chef, et M. Bouissou, Ingénieur.

M. Honoré, Ingénieur des Magasins du Louvre, nous invite à nous reposer dans la salle voisine, où le champagne se trouve servi.

M. Honoré porte un toast à M. Blount, directeur général de la Compagnie de l'Ouest, et aux Ingénieurs anglais et français.

Puis nous nous dirigeons vers les sous-sols de la gare, où nous assistons aux expériences des monte-charges servant à élever les chariots pleins de bagages du sous-sol, où ils sont reçus, jusqu'au niveau du quai d'embarquement.

De là nous passons sur les quais, où nous assistons à la manœuvre des plaques glissantes hydrauliques remplaçant les plaques tournantes pour le déplacement des wagons et des locomotives.

Nous nous dirigeons ensuite vers les voies de manœuvre des trains de marchandises, et là, un monte-charge hydraulique nous monte aux magasins de la rue de Saint-Pétersbourg.

Au sortir de la gare de Saint-Lazare, nos collègues anglais, dont une partie doit partir le soir même, nous font leurs adieux et adressent leurs plus vifs remerciements à la Société des Ingénieurs civils.

Vendredi 6 juillet.

Visite du port de Calais.

Une partie de nos collègues anglais se sont séparés de nous, rappelés par leurs affaires, mais, avant de quitter la France, ils ont pu visiter les travaux du nouveau port, guidés par l'Ingénieur en chef qui leur a donné, avec la plus grande amabilité, toutes les explications nécessaires.

Visite aux ateliers de MM. Decauville, à Petit-Bourg.

En même temps, ceux des Mechanical Engineers restés à Paris avaient pris rendez-vous pour visiter les ateliers de MM. Decauville, à Petit-Bourg.

A 9 heures du matin, environ deux cents de nos collègues anglais et français se trouvaient à la gare de Lyon où les attendaient M. Émile Decauville et M. Picard, chef de l'Exploitation de la Compagnie de P.-L.-M.

M. Noblemaire, directeur général de la Compagnie, avait mis gratuitement à la disposition de la Société un train spécial dans lequel nous sommes montés, sous la conduite de MM. Polonceau, Gottschalk et Brûll.

M. Paul Decauville attendait ses invités à la gare de Corbeil, où il les a fait monter dans un train composé de voitures semblables à celles en service à l'Exposition.

MM. Decauville et Grille, ingénieur des ateliers Decauville, nous ont montré les différents modes de transport qu'on allait employer pour se rendre aux ateliers : wagons remorqués par un cheval, wagons mus par l'électricité, machine ordinaire remorquant des wagons, enfin, machine Compound, système Mallet, sur laquelle le constructeur a donné quelques explications, puis l'on s'est mis en route pour les ateliers de Petit-Bourg.

Après une description sommaire des ateliers, faite par M. Decauville, la visite a commencé sous sa direction. Pendant la visite, les deux frères de M. Decauville et plusieurs membres de la Société des Ingénieurs civils, qui avaient accepté les fonctions de commissaires, transmettaient à nos collègues anglais les explications données.

Après avoir vu l'atelier de fabrication de la voie où les visiteurs ont examiné avec beaucoup de soin les diverses machines employées, et où leur attention a été tout particulièrement attirée par la machine à peindre les voies portatives.

On s'est ensuite rendu au terrain d'expériences où un canon de 3 tonnes a été traîné dans une prairie mal nivelée sur une voie posée devant les visiteurs et a franchi un fossé de 2 *m* de largeur avec le seul secours de la voie portative.

La visite s'est continuée par les ateliers de construction des wagons et des machines et, pour terminer, un modèle de canon de 48 tonnes, système de Bange, a été manœuvré sur une voie de 0,60 *m* ; cette grosse pièce a passé avec facilité sur une voie faisant un angle de 90° avec celle sur laquelle elle se trouvait d'abord.

Nous sommes alors remontés dans le petit train qui nous a conduits au château des Tourelles. A notre arrivée la fanfare des ateliers Decauville joue le « God save the Queen ».

Dans le château et sous les arbres, était servi un banquet, auquel assistent M. Feray, sénateur, M. le Sous-Préfet, M. le Maire de Corbeil.

A la fin du banquet, M. Decauville porte à M. Carnot un toast, auquel les « Mechanical Engineers » répondent avec enthousiasme. Rappelant ensuite que la Société des Ingénieurs civils et l'Institut des Mechanical Engineers, en le recevant au nombre de leurs membres en 1878 et en 1882, lui ont conféré ses seuls diplômes d'Ingénieur, M. Decauville porte un toast à la Société des Ingénieurs civils et à l'Institution des Mechanical Engineers.

M. Aspinall, superintendant du Lancashire Yorkshire Railway, répondant au nom des Mechanical Engineers, s'excuse de n'être pas plus autorisé à prendre la parole dans cette circonstance. En l'absence du Président et des Vice-Présidents de l'Institution, il prie M. Decauville d'accepter ses remerciements. Quand M. Decauville s'occupait d'agriculture, il n'a certainement pas semé meilleure graine que celle qu'on voit maintenant se développer sous sa main M. Aspinall rappelle combien sont nombreux les pays où

sont employés les chemins de fer de M. Decauville. Il se plaît à constater que la voie du chemin de fer de l'Exposition est aussi parfaite que possible. Enfin M. Aspinall invite M. Decauville à venir en Angleterre, où l'on s'efforcera de lui rendre un accueil aussi cordial que le sien. Il termine en remerciant la Société des Ingénieurs civils et M. Decauville de la réception faite aux Mechanical Engineers.

M. Polonceau exprime les regrets de M. Eiffel de n'avoir pu accompagner nos collègues et porte la santé de M. Decauville en le remerciant de sa très aimable et très cordiale réception. La Société des Ingénieurs civils est fière de le compter parmi ses membres, car, à défaut de diplômes, il lui a apporté ses travaux, qui sont les vrais titres d'un Ingénieur.

M. Feray prend la parole en anglais et souhaite la bienvenue aux Mechanical Engineers. Il y a soixante-trois ans, M. Feray passait deux ans à Manchester dans les ateliers de Fairbarn, depuis sir William Fairbarn. Là il se rencontrait avec les Sharp, les Roberts, les Galloway, etc. Membre lui-même de l'Institution des Mechanical Engineers, M. Feray porte la santé des Mechanical Engineers.

M. Decauville répond et nous remontons dans le petit train qui nous amène à la gare de Corbeil où un nouveau train spécial nous ramène à Paris.

M. Polonceau, au nom de la Société des Ingénieurs civils, prie M. Picard de vouloir bien remercier M. Noblemaire de son extrême obligeance à notre égard, et remercie M. Picart lui-même d'avoir bien voulu accompagner la Société dans son excursion à Petit-Bourg.

Tel est, dans son ensemble, le résumé des excursions que nous avons faites avec nos collègues anglais. Ils sont partis enchantés de l'accueil que leur a fait la Société des Ingénieurs civils, et qui contribuera certainement à resserrer encore plus, s'il est possible, les nombreux liens d'amitié qui nous unissent déjà aux Ingénieurs anglais.

CHRONIQUE

N° 116.

SOMMAIRE. — Transmissions par cordes. — Les chemins de fer allemands en 1888. — Accidents de chemins de fer en Angleterre. — Emploi des résidus de naphte comme combustible en Russie. — Une puissante machine à vapeur. — Chemin de fer funiculaire.

Transmissions par cordes. — Les transmissions par cordes étant fréquemment employées aujourd'hui, il nous paraît intéressant de reproduire des indications données sur ce sujet par M. John-H. Cooper, à la réunion de Nashville, de l'*American Society of Mechanical Engineers*.

Les cordes doivent fonctionner, dans les transmissions, dans les mêmes conditions que les courroies en cuir et autres, c'est-à-dire que la tension élémentaire ne doit pas dépasser la limite d'élasticité de la matière.

Les poulies doivent être relativement de grand diamètre et leurs axes placés autant que possible dans un même plan horizontal. Le brin inférieur doit toujours conduire, et le mou se produire par conséquent dans le brin supérieur.

Les poulies sont généralement en fonte, en une, deux ou plusieurs pièces, suivant les dimensions. Les gorges doivent être tournées et toutes exactement semblables, de manière que les circonférences de contact des diverses cordes avec les joues aient rigoureusement le même diamètre. Les poulies doivent être parfaitement équilibrées autour de leur axe pour éviter les vibrations aux grandes vitesses.

Le diamètre minimum à donner aux poulies est de 35 fois le diamètre de la corde. De même que pour les courroies, le rendement augmente avec la vitesse, et celle-ci peut, sans inconvénient, être portée à 25 *m* par seconde; la distance des arbres conjugués doit être comprise entre 6 et 18 *m*.

Si on emploie des galets intermédiaires pour soutenir le mou des brins conduits, ces galets doivent avoir le diamètre minimum des poulies; les gorges doivent avoir une forme demi-circulaire plus grande que la section des cordes, de manière à ne pas créer de résistance au passage de celles-ci.

Les cordes blanches non goudronnées ont une résistance à la rupture de 5 à 9 *kg* par millimètre carré de section. On doit prendre comme section effective les 0,90 du cercle correspondant à la circonférence dans laquelle s'inscrit la corde.

La durée des cordes est considérable. On en a vu durer plus de dix ans. On peut l'estimer en moyenne de trois à cinq ans, bien que ce der-

nier chiffre soit souvent dépassé. Lorsqu'une corde donne des signes d'usure excessive, on peut facilement la remplacer pendant l'heure du repas ou pendant la nuit. On doit d'ailleurs avoir la précaution de poser une ou plusieurs cordes de plus qu'il n'est rigoureusement nécessaire, de manière que, si une vient à manquer, le reste suffise au travail.

On emploie généralement, pour la confection des cordes de transmission, du chanvre à fibres longues, de qualité choisie, tordu bien également, de manière à être à la fois souple et élastique. Il est très important que les épissures soient faites avec le plus grand soin, sans aucun renflement et sur une longueur de 2,50 à 3 *m*.

L'adhérence des cordes sur les poulies étant due à la forme angulaire des gorges, on peut donner beaucoup de mou, ce qui évite les efforts excessifs sur les arbres et l'usure des supports.

Dans une note de M. James Divine sur les transmissions par cordes, lue à la réunion à Manchester de l'Institut des Ingénieurs mécaniciens en 1876, l'auteur, en faisant la comparaison du coût d'établissement des transmissions par engrenages, courroies et cordes, concluait que les dernières coûtent beaucoup moins que les transmissions par engrenages, et de la moitié aux deux tiers seulement des transmissions par courroies.

MM. Lockwood, Greene et C^ie^, de Newburyport, Mass, ont dans leurs établissements de Lawrence 2000 chevaux de force transmis par cordes. Ils estiment que ces transmissions leur ont coûté d'installation 33 500 *f* et que les transmissions par courroies auraient coûté 54 000 *f*.

On a donné différentes valeurs pour l'angle des gorges des poulies. Reuleaux cite M. Wedding, manufacturier de Berlin, comme ayant trouvé par expérience qu'avec un angle de 60° on a une adhérence double de celle qu'aurait la corde dans une gorge semi-circulaire du même diamètre.

MM. Lockwood, Greene et C^ie^ tracent les gorges avec un angle de 45° à la base et un rayon de trois fois et demie le diamètre de la corde ; MM. Pearce et C^ie^ de Dundee, qui ont établi un grand nombre de transmissions de ce genre, adoptent également l'angle de 45°, mais prennent le rayon de la cannelure égale à deux fois seulement le diamètre de la corde.

Une des conditions de la réussite d'une transmission par cordes est la bonne confection des épissures.

Malgré l'opinion émise par quelques personnes que l'épissure sur une faible longueur est préférable, probablement parce qu'elle est beaucoup plus facile à faire, il parait certain qu'il faut l'opérer sur une longueur considérable, 3 *m* par exemple, pour avoir des garanties de sécurité et de durée.

Les chemins de fer Allemands en 1888. — La longueur totale des lignes de chemins de fer exploitées en Allemagne s'élevait au 1^er^ avril 1888 à 39 157 *km*. Sur ce total, 27 921, soit 71,3 p. 0/0, étaient à simple voie ; 11 174, soit 28,5 p. 0/0, à double voie et 62 *km* à triple voie.

Les divers réseaux d'État (Prusse, Bavière, Saxe, Wurtemberg, etc.) figurent dans la longueur totale pour 34 394 *km*, c'est-à-dire près de

88 p. 0/0; les lignes exploitées par des Compagnies particulières ne représentent que le chiffre relativement insignifiant de 4 763 *km.*

Pendant l'exercice 1887-88, le rachat des lignes de Berlin à Dresde, de Nordhausen à Erfurt et Aix-la-Chapelle et leur incorporation au réseau des chemins de fer de l'État prussien a porté le développement de celui-ci à 22 669 en augmentation de 944 *km.*

Si on compare la longueur du réseau à la population, on trouve en Allemagne 22 *km* par 10 000 habitants.

Le matériel roulant comprend 12 811 locomotives dont 2 680 sont des machines-tenders, 23 703 voitures à voyageurs pouvant contenir 1 016 377 voyageurs et 254 385 fourgons et wagons à marchandises ayant une capacité totale de chargement de 2 500 000 *t* en nombre rond.

Dans l'exercice 1887-88, les chemins de fer Allemands ont transporté 316 000 000 de voyageurs dont 87 p. 0/0 en troisième et quatrième classes, 10.4 en seconde et 2 p. 0/0 seulement en première. Le total est en augmentation de 20 millions sur l'exercice précédent.

Le mouvement total des marchandises représente 179 millions de tonnes ayant parcouru 18 649 000 000 *km.* Les recettes se sont élevées à 370 millions de francs pour les voyageurs, 940 millions pour les marchandises et 56 millions pour divers, soit un total de 1 366 millions de francs. Les dépenses totales se sont élevées à 717 millions, ce qui laisse un revenu net de 649 millions de francs.

Accidents de chemins de fer en Angleterre. — Le rapport du *Board of Trade* sur les accidents survenus sur les chemins de fer du Royaume-Uni pendant l'année 1888 contient des faits très intéressants.

Le nombre des personnes tuées par différentes causes s'élève à 905 et celui des blessés à 3 826. Sur ces chiffres, 107 tués et 1 408 blessés étaient des voyageurs, 396 et 2 193 des employés. Dans les chiffres relatifs aux voyageurs, 11 seulement des morts et 594 des blessés proviennent d'accidents arrivés à des trains, collisions, etc.; le reste provient de causes étrangères et notamment de l'imprudence des victimes; ainsi il y a 65 suicides, 230 tués et 114 blessés par violation des règlements. Ainsi 53 personnes ont été tuées ou blessées à des passages à niveau, 54 et 87 par diverses autres causes.

Le nombre total de voyageurs transportés, en dehors des billets de saison a été de 742 830 000 pour l'année 1888, soit 9 160 000 de plus que dans l'année précédente. D'après cette base, on trouve 1 voyageur tué sur 6 942 336 voyageurs transportés et 1 blessé sur 527 777. Si on compte les voyageurs tués et blessés par des causes en dehors de leur faute personnelle, on trouve 1 tué sur 67 530 et 1 blessé sur 1 250 555. Si on inclut les billets de saison, le rapport des morts et des blessés tomberait respectivement à 1 sur 80 000 000 et 1 sur 1 500 000.

Le nombre total des accidents a été de 61 pour 1888 contre 58 en 1887. Les années précédentes les chiffres étaient beaucoup plus élevés; ils dépassent 100, sauf en 1875.

Le rapport contient un tableau donnant les circonstances où se sont produits les accidents pour 1888 et pour les dix années précédentes. Le chiffre le plus élevé est celui qui figure sous le titre : négligence des

employés ; toutefois il présente une notable diminution depuis six années, étant de 45 seulement pour 1888 et 1887, contre 81 en 1883 et 91 en 1882. Les accidents provenant d'une exagération de vitesse sont au nombre de 5 en 1888, contre 30 en 1883.

Les défauts des freins n'ont amené en 1888 que 4 accidents ; c'est la cause qui en a donné le moins ; ce chiffre était de 47 en 1880.

Les accidents provenant de signaux ou aiguilles mal faits ont été au nombre de neuf, en 1886 il n'y en avait eu que trois, mais dans les quatre premières années de la série décennale, le nombre s'était élevé à une vingtaine.

Le plus grand nombre des accidents de trains s'est produit sur le Great Western qui tient la tête de la liste avec neuf; après vient le Great Eastern avec huit et le North Eastern avec cinq. En ce qui concerne les accidents arrivés à des employés des Compagnies, il y a une décroissance générale depuis quinze ans dans la proportion des tués et blessés au nombre des employés, malgré l'accroissement continu du trafic. La proportion la plus élevée se rencontre chez les conducteurs et gardes-freins des trains de marchandises.

Le rapport signale, dans ses conclusions, l'absence de dispositions d'enclenchement ou d'appareils de bloc sur certaines lignes ou à des bifurcations comme ayant amené le plus d'accidents. Le bloc système a pris une très grande extension depuis 1873, de même que l'emploi des appareils à enclenchement, bien que ces perfectionnement n'aient pas encore atteint la généralisation que désirerait le *Board of Trade*, surtout en Écosse et en Irlande.

Emploi des résidus de naphte comme combustible en Russie. — L'emploi des résidus de naphte comme combustible a pris un très grand développement en Russie. Depuis quelque temps déjà, tous les bateaux à vapeur de la mer Caspienne et la plupart de ceux du Volga se servaient de résidus de naphte. Actuellement des fabriques et des chemins de fer substituent ce combustible au bois ou au charbon. On l'emploie également pour le chauffage domestique dans des poêles spéciaux dont divers modèles de disposition ingénieuse figuraient à l'exposition spéciale des produits du pétrole à Saint-Pétersbourg, il y a deux ans. On réalise avec ces appareils une économie très importante dans le chauffage des habitations.

De grandes manufactures de Moscou et des environs emploient les résidus de pétrole, non seulement à cause du bon marché de ce combustible, mais aussi à cause du peu de place qu'occupent ses approvisionnements comparativement au bois ou au charbon. On le conserve dans de grandes citernes souterraines en communication par des tuyaux avec les foyers, de manière à prévenir tout danger d'incendie.

Il est prouvé que la substitution des résidus de pétrole au bois ou au charbon amène une économie de près de 35 0/0, et cela à Moscou où le pétrole doit être amené de Bakou, à 2 400 *km* de distance. Le transport se fait de Bakou à Nijni-Novgorod par eau et de là à Moscou par chemin de fer. Plusieurs industriels de la province de Vladimir ont égale-

ment adopté le nouveau combustible et les lignes de chemin de fer des provinces de Tambof et de Riazan sont en train d'en faire autant.

En 1888, il a été transporté 868 000 *t* de résidus de pétrole de Bakou en remonte sur le Volga pour l'usage des provinces intérieures et de celles qui bordent ce fleuve. On s'attend à ce qu'en 1889 le trafic dépassera 1 100 000 *t*.

Dans les provinces septentrionales de l'Empire, le bois continuera à être employé pendant un certain temps, mais le pétrole tend à devenir rapidement le combustible unique dans les gouvernements du centre, du sud-est et de l'est de la Russie.

Ces renseignements sont extraits d'un rapport du consul anglais à Saint-Pétersbourg résumé dans le *Journal of the Society of Arts*.

Une puissante machine à vapeur. — On réalise actuellement sur les navires à vapeur des puissances qu'on aurait considérées comme fabuleuses, il y a quelques années. On commence à en faire autant pour les machines fixes. Les journaux anglais signalent une machine d'une puissance de 10 000 chevaux. Ce moteur gigantesque est en construction chez Galloway pour le compte de la *Palmers shipbuilding Company* dans les forges de laquelle il doit actionner un laminoir réversible pour cornières, fers à barrots et autres fers entrant dans la construction des navires.

Cette machine comporte deux cylindres horizontaux accolés de 1,42 *m* de diamètre et 1,83 de course. La distribution se fait par des tiroirs cylindriques placés sur les cylindres et commandés par un mécanisme du système Joy. Des purgeurs continus sont disposés sous les cylindres pour l'évacuation de l'eau de condensation. Les pistons ont des contre-tiges avec coulisseau et glissières.

Les bielles agissent sur un essieu à deux coudes construit en pièces rapportées, ce que les Anglais appellent *built up;* cet arbre a 7,17 *m* de longueur et les portées ont 532 *mm* de diamètre. Il est en acier Martin et pesait 41 *t* avant d'être fini.

Les bâtis et plaques de fondation sont en fonte et très massifs, du reste la machine pèse 300 *t*. Derrière les cylindres et en contre-haut est une plate-forme d'où on domine l'appareil et où se trouvent réunis les divers appareils servant à la manœuvre.

Cette machine doit fonctionner avec de la vapeur à 7,5 *kg* de pression.

Il est facile de se rendre compte que pour une pression moyenne effective de 6 *kg* (en marchant sans condensation avec forte introduction), l'effort sur chaque piston atteint 95 *t*, soit 190 pour les deux. Pour réaliser 10 000 chevaux sur les pistons, il faudrait une vitesse moyenne des pistons de tout près de 4 *m* par seconde, ce qui, pour une course de 1,83 *m*, correspondrait à 64 tours par minute, vitesse admissible pour une machine à mouvement continu, mais qui paraît bien élevée pour une machine à mouvement alternatif commandant un laminoir réversible. Il n'en est pas moins vrai que cette machine, qu'elle réalise ou non 10 000 chevaux dans les conditions où elle fonctionnera, peut être considérée comme ayant des dimensions susceptibles de les produire.

Les ateliers Galloway ont déjà construit un grand nombre de machines

de ce type pour des forges anglaises et américaines, mais celle dont nous venons de parler est de beaucoup la plus puissante.

Chemin de fer funiculaire. —Le chemin de fer funiculaire établi entre Lausanne et Ouchy, lequel est en service depuis une douzaine d'années, est desservi par une grande turbine qui commande, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, le tambour sur lequel s'enroule le câble dont les extrémités sont attachées aux wagons en tête des trains.

Ces jours derniers, l'arbre de la turbine est venu à se rompre, et il a fallu arrêter le service, ce qui, vu le trafic très important de cette petite ligne et l'habitude qu'on a de s'en servir, menaçait de causer une véritable perturbation dans les communications intérieures du pays.

L'importance de la pièce et la nécessité de la faire venir des usines du bassin de la Loire faisaient prévoir une interruption assez prolongée, lorsqu'on eut l'idée de transformer momentanément le funiculaire à moteur en funiculaire à contrepoids d'eau du genre de ceux que nous avons déjà décrits dans ces chroniques, Gienbach, Territet-Glion, Thonon, etc., de sorte que le service fut rétabli très promptement et se poursuivit quelques jours sans encombre avec une régularité et une sécurité parfaites.

Les trains ne comprenaient qu'un wagon et un fourgon. A l'arrière du train on avait ajouté un wagon plate-forme de la Suisse occidentale pouvant snpporter une charge de 12 *t* et sur lequel étaient installées deux grandes caisses en sapin que l'on remplissait à la gare supérieure au moyen d'une hydrante. La station d'Ouchy (inférieure) téléphonait le nombre de voyageurs montants et on remplissait les caisses plus ou moins selon le nombre de ces voyageurs ; le contrepoids entrainait le train descendant en faisant monter l'autre. La vitesse était assez considérable et le trajet s'opérait en trois minutes et demie. Les arrêts étaient obtenus au moyen du frein puissant qui agit sur le tambour où le câble s'enroule à la gare supérieure ; de plus, les employés serraient aussi les freins du train, mais ce n'était qu'un surcroît de précaution.

Néanmoins, et bien qu'il ne se soit pas produit d'accidents, le département fédéral des chemins de fer, considérant qu'avec une vitesse un peu considérable, les conséquences d'une rupture du câble seraient très graves, a ordonné à la Compagnie de cesser tout service jusqu'à la remise en marche de la turbine. Il est possible, toutefois, qu'on revienne, plus tard lorsqu'on aura muni les trains de freins plus énergiques, à ce mode de traction simple et économique et qui a l'avantage sérieux de ménager le câble en supprimant son enroulement multiple sur un tambour. Quoi qu'il en soit, il nous a paru utile de signaler cette expérience intéressante.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1889.

Rapport de M. A. BRÜLL sur **l'utilisation des combustibles pauvres ; foyers à combustion méthodique** de M. GEORGES-ALEXIS GODILLOT.

M. Godillot se sert pour opérer la combustion des grilles étagées ou à gradins dont l'emploi remonte déjà à une époque éloignée ; elles étaient en usage en Autriche dès 1852 et MM. de Marsilly et Chobrzynski les appliquèrent sur une assez grande échelle aux locomotives dès 1855 dans le but d'employer la houille comme combustible.

La nécessité de charger de grandes masses de combustible sur les grilles a conduit M. Godillot à recourir à un mode de chargement mécanique réalisé au moyen d'une hélice en fonte à âme conique, qui reçoit le combustible d'une trémie et l'amène vers le plateau supérieur de la grille d'où il descend dans toutes les directions d'une demi-circonférence, forme qu'affecte la grille et se répartit sur toute la surface de celle-ci, puis sur la grille plate disposée aux pieds des gradins.

Ce système a déjà reçu des applications nombreuses et importantes pour l'utilisation de déchets sans valeur et encombrants, provenant, par exemple, des sucreries de cannes, des fabriques d'extraits, des tanneries, etc., des sciures et copeaux de bois, déchets du décorticage de la ramie, etc.

On peut citer l'application faite à Nancy, chez M. Luc, où 134 000 *kg* de copeaux de chêne, renfermant 64 0/0 d'eau, suffisent journellement au chauffage de sept chaudières, représentant une surface de chauffe totale de 490 m^2, en remplaçant 18 000 *kg* de houille.

Rapport de M. le colonel GOULIER sur le **centimètre conformateur** de M. LHEON.

On sait que le mètre en ruban employé par les couturières, tailleurs, etc., est désigné par eux sous le nom de « centimètre ».

L'appareil dont il est question est un mètre articulé formé de parties

de 0,01 *m* seulement de longueur; de plus, l'épaisseur est de 0,01 *m* également. Il est fabriqué en celluloïd. Les articulations ont une certaine raideur, de manière que l'ensemble du mètre conserve la forme droite ou courbe qu'on lui donne.

L'avantage de cette disposition est qu'on peut, après avoir pris le profil d'un contour, reporter ce profil sur une feuille de papier au moyen d'un crayon. En outre, on peut se servir de ce centimètre comme d'un mètre pliant ordinaire. Le prix, 2 *f*, est d'ailleurs modéré.

Rapport de M. le colonel Pierre sur l'**extracteur de cartouches** de M. Dechandon.

Avec les fusils à percussion centrale, où la cartouche est dépourvue de broche, l'extraction de l'étui est souvent difficile. M. Dechandon, pour éviter cet inconvénient, emploie un extracteur formé d'une plaque qui, agissant sur le rebord de la cartouche, repousse celle-ci lorsqu'on fait basculer le canon. Une disposition spéciale l'empêche d'agir sur la cartouche encore chargée. Nous ne pouvons qu'indiquer sommairement le principe en l'absence des dessins qui accompagnent le rapport.

Rapport de M. A. Tresca sur le **treuil spécial à différentielle variable** de M. Magna.

M. Magna a imaginé une serie d'appareils basés sur le principe du treuil différentiel, en donnant à l'un des tambours la forme d'un solide de révolution à génératrice courbe.

Cette disposition permet de faire varier graduellement l'effort exercé sur la chaine ou la corde, pour arriver à une pression finale aussi grande qu'on le désire, avec un effort constant sur les manivelles du treuil.

Une des applications les plus remarquables de ce dispositif est une presse à comprimer, dans laquelle les tambours portent des rainures où passent des chaines reliées au plateau de la presse; on peut ainsi avoir une compression augmentant continuellement, du commencement à la fin de l'opération, avec une vitesse variable en sens inverse.

Rapport à M. le Préfet de la Seine sur une **explosion de farine dans une boulangerie**, par M. H. Bunel.

Le 25 mars dernier, il s'est produit, dans une boulangerie de la rue Croix-des-Petits-Champs, une explosion qui a amené quelques dégâts matériels et brûlé assez gravement un ouvrier. Cette explosion a été amenée par l'inflammation, au contact d'un bec de gaz, d'un jet de farine sortant d'une manche en toile qui sert à diriger la farine dans les corbeilles ou le pétrin.

Les cas d'inflammation de la folle farine au contact d'une lumière sont, d'ailleurs, bien connus; le rapporteur ne croit pas, toutefois, qu'il y ait lieu d'imposer aux boulangers des prescriptions autres que celles généralement faites jusqu'à ce jour et qui ont pour but de prévenir les commencements d'incendie assez fréquents dans ces établissements.

Liste des congrès internationaux qui se réuniront à Paris pendant l'Exposition universelle.

Le **phare et les signaux de trompe** par temps de brouillard d'Alsa-Craig, en Écosse. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal.*)

Le **chauffage au naphte à l'Exposition de Saint-Pétersbourg en 1888.** (Traduit du *Zapiski.*)

Photomètre de Gross, par M. Krüss. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal.*)

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, à décerner pendant les années 1889 à 1894.

Juillet 1889.

Rapport de M. Schlemmer sur le projet de **tramways tubulaires souterrains à traction électrique** de M. Berlier.

Le système décrit par M. Berlier dans la communication qu'il a faite à la Société d'Encouragement consiste essentiellement en un réseau constitué sous la voie publique par un tube en fonte à section circulaire de 5,60 *m* de diamètre, à l'intérieur duquel est établie une double voie de 1,10 *m* d'écartement. Les voitures seraient mues isolément par l'électricité.

Le réseau de 16 *km* se diviserait en trois lignes principales. Les dépenses d'établissement sont évaluées par l'auteur à 3 500 000 *f* environ par kilomètre.

Le rapport entre dans des détails très circonstanciés sur le projet tel qu'il a été présenté par M. Berlier, et, tout en formulant diverses réserves quant à la nécessité de la sanction de l'expérience pour les dispositions proposées, considère que les innovations caractéristiques du projet de M. Berlier sont un progrès dans l'étude de la question du Métropolitain de Paris.

Communication de M. Berlier sur les **tramways tubulaires souterrains.**

Rapport de M. Prunier sur le **poêle hygiénique** de M. J.-E. Potain.

Ce poêle se distingue de la plupart des appareils similaires en ce que l'air nécessaire à la combustion est pris au dehors de la pièce et surtout en ce que, après la combustion, les gaz qui en résultent sont totalement renvoyés à l'extérieur.

C'est un poêle à gaz dans lequel une double prise d'air amène l'air au brûleur, tandis que les produits de la combustion s'élèvent verticalement dans un espace annulaire et trouvent leur issue au dehors, sans avoir eu, en aucun point de leur trajet, de communication avec l'intérieur de la pièce à chauffer.

Ce système, qui est commode et salubre, se prête parfaitement à la ventilation. La dépense, pour le chauffage d'une pièce de capacité moyenne (70 à 80 m^3), ne dépasse guère 400 à 500 *l* de gaz à l'heure.

Le rapport considère cet appareil comme constituant un progrès réel dans la question du chauffage des appartements, question dont l'importance est telle, au point de vue de l'hygiène, que le moindre perfectionnement dans ce sens présente un intérêt tout spécial.

Rapport de M. Prunier sur le **vide-tourie** de M. Serrih.

Ce vide-tourie est déjà bien connu et très employé dans les laboratoires. Il se compose de deux demi-roues reliées à une plate-forme sur laquelle on pose la tourie qu'on fixe à l'aide d'un bâton engagé dans les dents d'une crémaillère qui permet de faire varier la grandeur de la tourie à vider. Il n'y a plus qu'à faire basculer l'appareil qui, en tournant sur les demi-roues, verse progressivement le liquide jusqu'à la dernière goutte.

On connaît cet appareil, mais on ignore généralement que M. Serria, son auteur, est l'inventeur du régulateur automatique pour la lumière électrique.

Rapport de M. le colonel Sebert sur un **appareil cryptographique** imaginé par M^lles^ Billaudel.

Cet appareil se compose d'une boite contenant trente réglettes dont chacune porte un double alphabet formé des vingt-six lettres ordinaires complétées par les lettres à accent et les chiffres. Les réglettes peuvent être placées dans un ordre déterminé par une clé convenue quand on veut chiffrer ou déchiffrer un texte donné.

Cet appareil est dérivé du chiffre de Vigenère, qui a été fort employé au XVII^e^ et au XVIII^e^ siècle. Dans ce système on dispose de vingt-six alphabets différents disposés en table de Pythagore, ce qui lui a fait donner le nom de *chiffre carré*.

Il est la base de la plupart des méthodes en usage pour les correspondances militaires et diplomatiques secrètes.

Communication de M. Bechmann, ingénieur en chef du service municipal, sur les **fontaines lumineuses à l'Exposition de 1889.**

Préparation de la levure au Japon, par M. Georgeson (traduit du *Journal of the Society of Arts).*

Salines de Petite-Anse, par M. Carrington-Bolton. (Extrait du *Chemical News* et du *Dingler's Polytechnische Journal.*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mai 1889.

Note sur la prévision des crues, par M. E. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées.

L'auteur s'est proposé dans cette note de présenter quelques considérations générales sur la question de la prévision des crues, en prenant des exemples dans le bassin de la Seine où, comme on sait, ce service a été organisé pour la première fois par M. Belgrand.

Le principe de la prévision consiste à établir une relation, soit entre les crues totales, soit entre les montées, la crue étant la différence entre le niveau atteint et l'étiage, tandis que la montée est la différence entre le niveau atteint et le niveau du cours d'eau au moment où celui-ci a commencé à croitre.

La liaison entre les hauteurs ou montées d'un cours d'eau et celle de ses affluents d'amont sur laquelle repose le principe de la prévision est très difficile à établir et il est même souvent impossible de le faire algébriquement.

Les procédés graphiques sont plus simples et plus commodes à employer. L'auteur développe des considérations générales sur cette méthode en les appliquant à des exemples choisis parmi les principales prédictions à faire dans le bassin de la Seine, comme celles des crues de Sens sur l'Yonne, de Bray sur la Seine, de Damery sur la Marne et du pont d'Austerlitz à Paris.

Ces considérations établissent que :

1° Une méthode graphique, permettant de représenter chaque crue par un point, et de construire des courbes de prévision, peut remplacer avec avantage l'emploi des formules numériques ;

2° Les hauteurs totales, mesurées aux échelles, peuvent souvent être substituées aux montées pour servir de base aux prévisions ;

3° Les saisons exercent, en général, une influence sur la prévision des crues et il est possible de préciser les corrections numériques qui doivent en résulter ;

4° Enfin la prévision journalière des hauteurs d'un cours d'eau, qui constitue l'idéal à réaliser, ne peut, dans l'état actuel des études sur ce sujet, se faire qu'avec une approximation assez grossière, mais il sera sans doute possible de l'améliorer par des recherches nouvelles.

Note sur les **Entretoises des ponts métalliques**, avec voûtes en briques pour voies de terre, par M. Imbeaux, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur a eu occasion de constater dans les essais faits sur le pont de Fangas, près d'Apt, les effets singuliers dus aux efforts réciproques qu'exercent les unes sur les autres les entretoises et les voûtes en briques. Lors du passage d'une charge roulante, certaines voûtes se déformaient sensiblement et amenaient une flexion verticale des entretoises.

L'application du calcul à ces constatations indique pour les voûtes des mouvements qui peuvent aller jusqu'à près de 1 *cm*, de nature, par conséquent, à amener une rapide dislocation de ces parties.

On peut en conclure que, lorsque dans le calcul des entretoises d'un pont métallique avec voûtes en briques, on a négligé de tenir compte des poussées horizontales produites par ces voûtes chargées et de donner aux entretoises une résistance suffisante pour éviter des flexions sensibles dans ce sens, il arrive :

1° Que les entretoises agissent avec force pour produire des compressions et des écartements alternatifs des voûtes en briques, par suite des flèches très sensibles qu'elles tendent à prendre en leur milieu sous l'influence de la poussée et qu'ainsi les vibrations et dislocations principales

proviennent des efforts horizontaux, bien plus que des charges verticales;

2° Que ces voûtes ainsi soumises à des efforts répétés, à chaque passage d'un véhicule pesant, tendront à se disloquer et à se séparer légèrement des entretoises, les maçonneries se broyant et se mâchant sous l'action des chocs et des efforts que leur communique le métal plus dur qu'elles;

3° Que les entretoises, même celles du milieu du pont, finiront par suite de ce jeu à fléchir notablement dans le sens horizontal et que le métal, aux points les plus chargés, sera soumis à des efforts exagérés et dépassant de beaucoup la limite admise;

4° Qu'enfin, ces effets se produisent immédiatement et dès après la construction du pont pour les entretoises extrêmes, qui présentent dès lors un danger permanent et immédiat.

Ces effets destructeurs, fort sensibles déjà pour le passage de véhicules de 6 *t* sur deux roues, le seraient bien plus encore pour un pont où on admettrait le passage de voitures de 11 *t* sur un essieu. Il est donc de toute nécessité de chercher à y remédier en calculant les entretoises en vue des efforts horizontaux qui viennent d'être signalés.

On peut donner aux entretoises une résistance suffisante dans le sens horizontal par plusieurs moyens;

1° En reliant un ou plusieurs points de ces entretoises aux poutres principales par des diagonales;

2° En employant des entretoises à âmes jumelles;

3° En reliant les entretoises entre elles par des longerons ou des tirants. Cette dernière disposition a été appliquée au pont de Courtellet, de 28,50 *m* de portée.

Note sur la **variation de la pression avec l'épaisseur à la clef** dans les voûtes, par M. Tourtay, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur a, dans un précédent mémoire, inséré dans le numéro d'avril 1888 des *Annales des ponts et chaussées*, indiqué qu'on ne pouvait diminuer indéfiniment la pression, dans une voûte donnée, en augmentant l'épaisseur à la clef. Le présent mémoire a pour objet de développer ce principe en donnant l'application d'abord à des voûtes en chainettes, puis à des voûtes en arc de cercle.

Les conclusions, applicables également aux deux cas, sont que, étant données l'ouverture, la montée et les surcharges d'une voûte, on ne peut diminuer indéfiniment la pression dans cette voûte en augmentant l'épaisseur à la clef.

Le minimum de pression ne serait atteint en général que pour une épaisseur dépassant les limites pratiques; mais, comme la pression varie fort peu au voisinage de ce minimum, on n'aurait aucun avantage à chercher à s'en rapprocher.

D'un côté, si l'on diminue l'épaisseur à la clef, on arrive rapidement à des pressions excessives; de l'autre, un accroissement d'épaisseur, même important, ne diminue la pression que d'une manière insignifiante, de sorte que l'épaisseur à la clef ne pourra varier qu'entre des limites assez étroites, si l'on veut obtenir une utilisation convenable des matériaux.

Dans les grandes voûtes, on ne peut échapper aux fortes pressions; on devra donc, au lieu de chercher à exagérer les épaisseurs, porter tous ses efforts sur le choix et la mise en œuvre des matériaux, afin qu'ils puissent supporter ces pressions sans danger.

On trouve d'ailleurs, cela est évident, le plus grand avantage à adopter une épaisseur modérée; d'une part, à cause de l'économie qu'elle procure dans la construction de la voûte; de l'autre, à raison de la diminution qui en résulte dans les réactions sur les piles ou culées. Car, si un accroissement de l'épaisseur ne diminue que d'une manière insignifiante la pression par centimètre carré, il augmente au contraire considérablement la poussée totale.

Juin 1889.

Note sur les **épreuves des tabliers métalliques** des ponts de Cubzac, sur la Dordogne, par M. de Preaudeau, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le chemin de fer de Cavignac à Bordeaux franchit la vallée de la Dordogne au moyen d'un grand ouvrage formé d'un pont métallique sur la Dordogne et de deux viaducs d'accès, un sur chaque rive.

Sur la rive droite, le viaduc, de 294,58 *m* de longueur, est formé de 6 travées de 44,98 *m* et 4,50 *m* de hauteur.

Le pont a 561,60 *m* en 8 travées, dont 2 de rive de 60 *m* et 6 intermédiaires de 73,60 *m*, à poutres droites de 8 *m* de hauteur.

Le viaduc de la rive gauche a 599,23 *m* de longueur, formé de 13 travées indépendantes de 44,98 *m* de portée, et d'un viaduc en maçonnerie de 579,96 *m* de longueur, composé de 40 arches de 12 *m*.

Le mémoire donne des indications générales sur les calculs de résistance et reproduit le programme des épreuves, ainsi que la comparaison des résultats des épreuves avec les calculs et les résultats relatifs au travail des fers.

Il a été constaté des écarts assez notables; certaines barres de treillis ont travaillé à 7 et 8 *kg*. L'auteur pense qu'en présence des efforts que peuvent supporter certaines pièces secondaires, efforts qui dépassent notablement les limites pratiques admises dans les ouvrages métalliques, il conviendrait dans les épreuves, au moins pour les ouvrages dépassant 30 *m* de portée, de mesurer le travail d'un certain nombre de diagonales et de montants et de disposer surtout les appareils en vue d'étudier la répartition des efforts dans toutes les barres qui convergent en un certain nombre de nœuds des treillis considérés.

Le pont proprement dit a été mis en place par lançage et cette opération a donné lieu à certaines observations intéressantes relativement au travail des fers qui n'a pas été trouvé dépasser en général 10 à 10,8 *kg* avec le porte-à-faux maximum.

Étude sur la **fabrication et les propriétés des ciments de l'Isère**, par M. A. Gobin, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette étude comporte une description détaillée des plus importantes

fabriques de ciments de l'Isère, en tête desquelles se trouvent les ciments de la Porte-de-France. A la suite de cette description se trouvent des considérations générales sur l'emploi des ciments de l'Isère et sur les essais auxquels on les soumet. La note se termine par un tableau récapitulatif contenant la durée de la prise, la densité approximative en poudre non tassée et le prix de la tonne en sacs des divers ciments étudiés, éléments classés par catégorie et par ordre de densité dans chaque catégorie.

ANNALES DES MINES

(1re livraison de 1889)

Note sur une **explosion de 22 chaudières à vapeur aux hauts fourneaux de Friedenshütte,** dans la Haute-Silésie, par M. Olry, ingénieur en chef des mines.

Nous avons rendu compte de cette catastrophe sans précédent dans la chronique de juin 1888, page 791. Nous ne croyons donc pas devoir reproduire les faits déjà connus de nos collègues. Nous nous bornons à indiquer que, contrairement à l'opinion formulée au début en Allemagne, et tout en faisant la part de l'incertitude qui résulte de la disparition de tous les témoins immédiats de l'explosion et de la destruction complète de la batterie de générateurs, il y a, d'après l'auteur, lieu de croire que la catastrophe ne doit pas être attribuée à une action extérieure aux chaudières, c'est-à-dire à la détonation d'un mélange explosif d'air et de gaz combustibles accumulés dans les carneaux.

Il semble probable, au contraire, d'après les résultats de l'enquête et d'après les dispositions des lieux après l'accident, que celui-ci a été uniquement causé par le mauvais état des générateurs qui avaient été construits en tôles de qualité inférieure et n'étaient plus assez solides, malgré d'importantes réparations, pour résister aux efforts qu'ils avaient à supporter. Dans ces conditions, l'explosion de l'une des chaudières a entraîné de proche en proche la destruction ou le déplacement de toutes les autres, par suite des chocs latéraux auxquels elles étaient incapables de résister et de la chute brusque de pression qui s'est produite à leur intérieur.

M. Olry fait remarquer que des faits de ce genre ont déjà été observés. En 1863, une batterie de 9 chaudières a éclaté près de Glasgow et on n'a pas hésité à attribuer la catastrophe à la rupture d'une des chaudières. Un accident du même genre s'est produit, également sur 9 chaudières dans une fabrique de sucre du Pas-de-Calais, en 1873.

Statistique de l'industrie minérale de la France. —

Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, fontes, fers et aciers, en 1887 et 1888.

Il a été extrait, en 1888, 22 951 940 *t* de combustibles, dont 22 513 628 de houille et anthracite et 438 312 de lignite. Ce total présente une augmentation de 1 664 351 *t* sur l'année 1887.

La production de la fonte a atteint le chiffre de 1 688 976 *t*, dont 1 666 184 de fonte au coke, 13 638 de fonte au bois et 9 151 de fonte mixte. Le total présente une augmentation de 121 354 *t* sur l'année 1887, laquelle était elle-même en augmentation de 64 277 *t* sur 1886.

Il a été produit, en 1888, 833 839 *t* de fer, dont 644 363 de fer puddlé, 13 714 de fer affiné au charbon de bois et 175 762 de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons. Le département de la Seine figure dans la production du fer de riblons pour 52 726 *t*, soit près du tiers; en 1887, il avait produit 45 597 *t*, et, en 1886, 41 907. Il y a donc une progression constante dans ce genre de fabrication.

La production totale du fer est, en 1888, en augmentation de 62 229 *t* sur l'année 1887, qui était elle-même en augmentation de 7 704 *t* sur 1886.

La production des rails en fer est, pour 1888, de 538 *t* seulement, chiffre légèrement inférieur à celui de 1887, qui était de 598 *t*. La production des rails en fer est donc devenue absolument insignifiante.

Le total de la fabrication des aciers s'élève pour 1888 à 525 646 *t*, dont 343 332 d'acier Bessemer, 145 081 d'acier Siemens-Martin, 14 344 d'acier puddlé et de forge, 1 300 d'acier cémenté, 8 833 d'acier fondu au creuset et 12 706 d'acier obtenu par réchauffage de vieil acier.

Ce total présente, par rapport à 1887, une augmentation de 32 352 *t*: cette année était, d'ailleurs, déjà en progression de 23 267 *t* sur 1886, de sorte que la fabrication est remontée au-dessus du niveau de 1883, où elle avait atteint le chiffre déjà élevé de 515 000 *t*.

Les rails d'acier figurent en 1888 pour 175 598 *t*, en diminution de 27 311 *t* sur l'année 1887, qui était elle-même en diminution de 52 168 t sur 1886. Depuis quelques années, il y a une réduction continue dans la production des rails d'acier.

Par contre, la fabrication des tôles d'acier, qui s'élève, pour 1888, à 85 825 *t*, est en augmentation de 13 095 *t* sur celle de 1887, laquelle était déjà en progression sur l'année précédente. Il y a progression constante dans cette fabrication.

Notice sur **l'enseignement de l'École nationale supérieure des Mines,** par M. Adolphe Carnot, ingénieur en chef des mines, inspecteur de l'École.

En présence des modifications importantes apportées depuis quelques années aux programmes de l'École nationale des mines, il a paru utile d'ajouter à ces programmes une notice sommaire donnant une idée générale du système d'enseignement de l'École, lequel, sur divers points, a servi de type pour l'organisation d'autres établissements d'enseignement supérieur.

Cette notice contient des renseignements détaillés sur les diverses catégories d'élèves, les cours préparatoires, l'admission, l'enseignement

proprement dit de l'École des mines, les exercices pratiques, les voyages d'instruction, la fin des études, etc. Suivent les programmes détaillés des cours.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU NORD

Compte rendu de la **réception du Président de la République** par le Comité des houillères du Nord et du Pas-de-Calais, à Lens, par M. CAMBESSEDÈS.

DISTRICT DU SUD-OUEST

Réunion du 30 Juin 1889.

Visite à la mine de Vialas. — La mine de Vialas fournit des minerais pauvres contenant 6 à 7 0/0 de plomb, lequel renferme 4 millièmes d'argent. On commence par laver et trier en quatre catégories ce minerai et, par divers traitements mécaniques, on parvient à extraire la presque totalité de la galène argentifère qui y est contenue sous forme de schlichs riches à 40 0/0 environ. Ces schlichs sont grillés dans des fours, puis fondus avec addition de scories. Le plomb produit est coupellé et donne des litharges rouges très pures et un gâteau d'argent qu'on raffine rapidement avant de le vendre.

La mine de Vialas appartient à la Société de Mokta.

Pendant cette visite M. Vialla, ingénieur des mines de Lalle, a donné quelques explications sur un mode de fermeture simple pour les lampes de sûreté. Les ouvriers arrivent avec une très grande facilité à avoir raison de la fermeture avec clé à simple trou carré. M. Vialla emploie une clef creuse taraudée; le taraudage de la clef empêche déjà l'ouvrier de se procurer un engin quelconque pouvant remplacer la clef, mais, pour plus de sûreté, le taraudage est fait à gauche; comme il n'existe pas dans le commerce de tarauds de ce genre, ce mode de fermeture paraît devoir assurer une grande sécurité.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 31. — *3 Août 1889.*

Nouvelles expériences anglaises sur les moteurs à gaz, par M. Schottler.

Valeur pratique des calculs de résistances des coques de navires, par B. Kindermann.

Groupe de Breslau. — Nouveaux explosifs.

Patentes.

Bibliographie. — Elasticité et résistance des matériaux, par C. Bach *(fin)*.

N° 32. — *10 Août 1889.*

Câble transporteur pour pierres, déblais, ciments, etc., de la Société moscovite pour la fabrication des ciments à Podolsk, établi par Ad. Bleichert et C^ie^, de Leipzig.

Nouvelles expériences anglaises sur les moteurs à gaz, par R. Schottler *(fin)*.

Marteau à forger de Allen.

Machine Corliss, par A. Frost.

Groupe de Hambourg. — Installations du port franc de Hambourg.

Groupe de Hesse. — Fabrication des papiers fins et demi-fins.

Groupe de la Lenne. — Appareil de condensation de Theiss. — Lumière dite *Oleo-Vapor*.

Groupe des Marches. — Construction d'un pont sur l'Oder, à Francfort-sur-l'Oder.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Construction de machines en Amérique.

Patentes.

Bibliographie. — Machine dynamo à courants égaux, par W. Fritsche.

Variétés. — Epuration des eaux d'alimentation des chaudières. — Statistique des écoles techniques supérieures à Berlin en 1889.

Pour la Chronique et les Comptes rendus.

A. MALLET.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 21154-9-9.

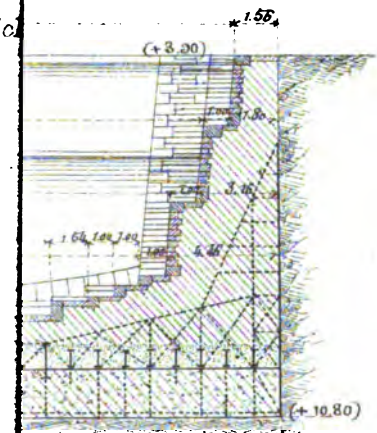
par le C

Plus hautes

Plus basses

Milieu.

Ec



Auto. Imp. L. Courtier, 48, rue de Dunkerque, Paris.

URDON
E

RDON

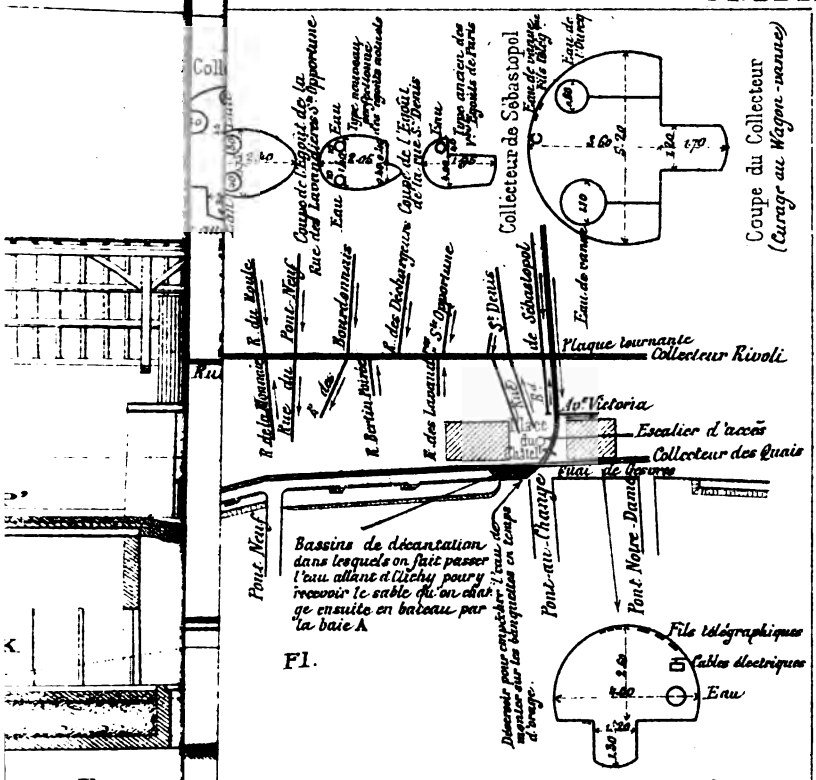
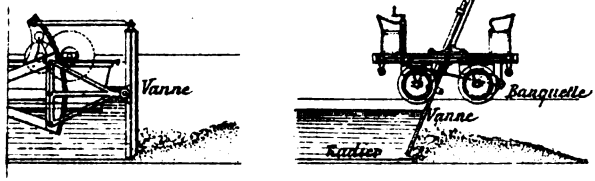
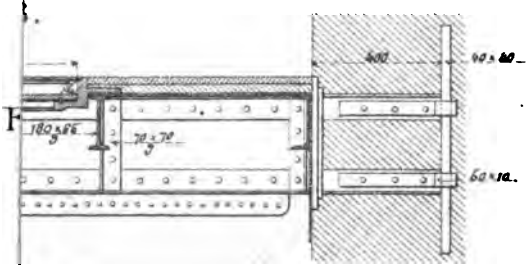


Fig. 16.
Curage au Wagon-vanne.





Auto. Imp. L. Courtier, 48, rue de Dunkerque, Paris
3/8-89

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1889

N° 8

MÉMOIRE

SUR UN

NOUVEAU SYSTÈME DE FREIN CONTINU

PAR

M. L. SOULERIN

PRÉFACE

On peut admettre et considérer qu'un train est muni d'un *frein continu*, lorsque les véhicules qui entrent dans sa composition portent un ensemble d'*attirails de freins* et d'*appareils moteurs* dont la commande est à la disposition du mécanicien.

Les appareils moteurs les plus employés sont des *appareils pneumatiques* dits *freins à air comprimé* lorsqu'ils sont actionnés par de l'air comprimé, et *freins à vide* lorsqu'ils sont actionnés par la pression atmosphérique s'exerçant à l'extérieur, l'air de l'intérieur étant raréfié. C'est à l'étude de ces appareils moteurs pneumatiques qu'est consacré ce travail (1).

On ne peut introduire dans un même train des véhicules à *freins à vide* et des véhicules à *freins à air comprimé, de systèmes actuellement en usage*, sans détruire la continuité du frein. L'emploi de conduites blanches qui laissent circuler l'air permet bien de rétablir cette continuité, mais la puissance du freinage dont on dispose n'en est pas moins réduite dans des proportions qui varient avec le nombre des véhicules dont les appareils ne peuvent pas être actionnés. Il en résulte, en outre, une plus grande fatigue de tout le matériel.

Lorsqu'on ne fait entrer dans la composition d'un même train, que des *freins à vide*, ou que des *freins à air comprimé*, mais de

(1) Pour les figures, voir planches 225, 226 et 227.

systèmes différents, il peut aussi en résulter des inconvénients si les appareils ne fonctionnent pas tous de la même manière.

Les systèmes de *freins pneumatiques* dont on se sert sont assez nombreux. En ne considérant que les grands réseaux français, on voit que :

Les chemins de fer de l'*Est* et de l'*Ouest* emploient exclusivement le *frein à air comprimé Westinghouse* ;

Les Compagnies des chemins de fer de *Paris à Orléans* et du *Midi* ont une portion de leur matériel munie de *freins Westinghouse*, et une autre munie de *freins à air comprimé Wenger* ;

L'*État* emploie le *frein à air comprimé Wenger;*

Le *Paris à Lyon et Méditerranée* applique un système de *frein à air comprimé Westinghouse* modifié par *M. Henry;*

Et que le chemin de fer du *Nord* a la plus grande partie de son matériel muni de *freins à vide direct* seulement.

Il résulte de cette diversité d'appareils employés que les échanges de matériel roulant entre les différentes Compagnies entraînent des difficultés plus ou moins sérieuses. Le *nouveau frein continu* faisant l'objet de ce mémoire, *permet de remédier à cette situation.* Il est caractérisé par l'emploi de pistons différentiels combinés de diverses façons dans ses appareils distributeurs et dont les dimensions respectives peuvent être variées selon le résultat à obtenir. *résultat qui peut toujours être prévu par le calcul.*

Outre qu'il permet d'établir des appareils complets dans les cas où il n'existe encore aucun frein pneumatique, le nouveau système rend possible la rectification des appareils existants qui peuvent être ramenés à un fonctionnement uniforme par l'addition ou bien par la substitution au distributeur ancien, d'un distributeur nouveau.

C'est ainsi que les appareils Westinghouse pourront être rendus *modérables* et que la lenteur du fonctionnement des freins Wenger pourra être *corrigée.*

On obtient aussi *des appareils fonctionnant indifféremment comme freins à vide ou comme freins à air comprimé* et avec la même puissance de serrage dans les deux cas.

Les appareils nouveaux permettraient donc *d'uniformiser* dans leur fonctionnement les divers systèmes de freins pneumatiques actuellement employés ; cette uniformisation pourrait s'accomplir *à peu de frais et sans apporter aucune perturbation dans le service* des Compagnies de chemins de fer.

Il est à remarquer que toutes les combinaisons d'appareils obte-

nues *fonctionnent sans le secours de ressorts* auxquels il est, en pratique, impossible de donner des résistances uniformes; de plus, la tension de tout ressort varie elle-même selon le point de la course où se trouve la pièce sur laquelle il agit. Le fonctionnement dépend presque entièrement de *pressions exercées sur des surfaces circulaires* qu'on peut toujours établir avec une grande approximation.

Relativement aux garnitures de cuir embouti dont il est fait usage, l'expérience a démontré qu'elles peuvent durer indéfiniment, surtout après la préparation spéciale qu'elles subissent, leur usure étant presque nulle. En effet, la course maxima étant à peine de 5 *mm*, il en résulte que, pour 100 arrêts ou ralentissements par jour, la course journalière effectuée par chaque garniture *est au plus de 1 mètre.*

En outre, on peut établir d'une façon rigoureuse la perte de charge à produire dans la conduite générale, pour que les appareils à air comprimé commencent à fonctionner, et lui donner, en pratique, une valeur égale à *un demi-kilogramme* par centimètre carré. *L'établissement de signaux d'intercommunication au moyen de la conduite générale pourra donc se faire dans un train, sans qu'on ait à redouter que leur usage puisse faire appliquer les freins.*

Pour mieux faire ressortir en quoi le *nouveau système de frein continu* diffère des systèmes actuellement employés, il a paru indispensable de décrire et d'étudier quelques-uns de ceux-ci. Ce travail est donc, jusqu'à un certain point, une étude comparative sur les *freins pneumatiques*; il est divisé en quatre parties:

La *1re partie* est consacrée à l'examen de l'action des freins en général;

La *2e partie* traite des *freins à air comprimé.* Un chapitre y est réservé au *freinage des trains de marchandise* et à la description d'un *distributeur à fonctionnement rapide,* avec lequel on peut à volonté et avec certitude *graduer le serrage aussi bien que le desserrage,* tout en permettant, en cas d'urgence, d'obtenir une *très grande rapidité dans la propagation du serrage et du desserrage des freins.* On peut se rendre compte facilement que la présence, dans un train, d'un petit nombre de ces distributeurs sera suffisante pour activer considérablement le serrage sur le train tout entier;

La *3e partie* est relative aux *freins à vide;*

Et la *4e partie* renferme la description et l'étude des applications aux appareils *devant fonctionner indifféremment comme freins à air comprimé ou comme freins à vide.*

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Examen de l'action des freins en général.

On peut supposer, pour simplifier, que tous les essieux d'un train en marche sont soumis, de la part des freins, à des actions proportionnelles, en tous temps, aux forces vives des charges qu'ils supportent et se borner à considérer un seul essieu.

1. — *Force retardatrice.* — Soient :

P, le poids total de la charge sur l'essieu ;

f_1, le coefficient du frottement des sabots contre les roues ;

f_2, le coefficient de frottement de glissement des roues sur les rails ;

f_3, le coefficient d'adhérence ; et

Q, la pression exercée par les sabots contre les roues.

Tant que la vitesse de rotation des roues reste égale à la vitesse de translation, la force retardatrice du frein a pour expression :

$$F = Qf_1.$$

Si la pression Q devient telle qu'on ait à un moment donné :

$$Qf_1 = Pf_3,$$

le calage des roues s'effectue et la force retardatrice cesse d'être proportionnelle à la pression Q exercée par les sabots contre les roues qui ont cessé de tourner sur leur axe et qui glissent sur les rails. Alors la force retardatrice est indépendante de la valeur de Q et est égale à :

$$F = Pf_2.$$

On voit déjà qu'il est inutile de donner à la pression Q une valeur supérieure à la valeur :

$$Q = P\frac{f_2}{f_1},$$

d'où on tire :

$$\frac{Q}{P} = \frac{f_2}{f_1}.$$

On verra, un peu plus loin, que la puissance retardatrice du frein serait, la plupart du temps, considérablement réduite, si on donnait à Q une valeur égale ou supérieure à $P\frac{f_3}{f_1}$.

2. — *Relation entre la force retardatrice* F, *la durée de son application* t *et l'espace parcouru* e. — Pendant la marche normale du train, l'essieu unique considéré est soumis à l'action d'une force de traction T, force qui doit vaincre un ensemble de résistances telles que : le frottement de roulement, la résistance de l'air, la résistance due aux chocs, l'influence des courbes, des pentes ou des rampes, etc., ensemble dont la valeur approchée K est donnée en kilogrammes par:

$$K = \left\{(2{,}18 + 0{,}00117\ V^2)\frac{1}{1000} \pm i + \frac{0{,}76}{R - 55}\right\} P,$$

expression dans laquelle V est la vitesse en kilomètres à l'heure, i l'inclinaison de la voie, R le rayon des courbes en mètres et P le poids du train en kilogrammes. — Dans certains cas défavorables, cette valeur de K doit subir une augmentation pouvant aller jusqu'à 50 0/0 (1).

Pour ne pas compliquer, on admettra d'abord que le parcours se fait en alignement et en palier. Dans ce cas, lorsqu'on applique les freins, on introduit une nouvelle résistance F, en sorte qu'alors la résultante des forces appliquées est :

$$R = T - (F + K).$$

Conservant les notations déjà employées et représentant par:

p, le poids d'un essieu et de ses roues, poids soumis à un mouvement rotatoire ;

ρ, le rayon de gyration de l'ensemble de ce système soumis au mouvement rotatoire ;

r, le rayon au roulement des roues ;

v_0, la vitesse initiale ;

v, la vitesse à un moment quelconque ;

(1) Cette formule qui n'est donnée ici que pour permettre de juger du peu d'importance relative de la valeur de K, a été obtenue en considérant un train dans lequel la locomotive pèse *un sixième* du poids total et à deux essieux couplés. Elle est la combinaison des formules :

$$K' = \left\{\left(1{,}5 + \frac{1}{1000}V^2\right)\frac{1}{1000} \pm i + \frac{0{,}65}{R - 55}\right\} P',$$

se rapportant aux véhicules, avec :

$$K'' = \left\{\left(4\sqrt{n} + \frac{2}{1000}V^2\right)\frac{1}{1000} \pm i + \frac{0{,}65}{R - 55}\right\} P''$$

qui se rapporte à la résistance de la locomotive elle-même. On a fait $K = K' + K''$ et $P = P' + P''$, tandis que n, le nombre des essieux couplés a été pris égal à 2.

l'accroissement ou la perte de force vive entre les points où la vitesse est v_0 et v, a pour expression :

$$\frac{1}{g} P(v^2 - v_0^2)$$

lorsque les roues sont calées.

Lorsque les roues ne sont pas calées, cette valeur de l'accroissement de la force vive doit être augmentée de celui qui est dû à la rotation de l'essieu monté, et qui est égal à :

$$a^2 \times \frac{I}{g} \times (v^2 - v_0^2),$$

expression dans laquelle a est la vitesse angulaire égale à $\frac{v_0}{r}$ et à $\frac{v}{r}$ aux points observés, et I est le moment d'inertie égal à $p\,\rho^2$.

L'accroissement total de la force vive est donc alors, après réduction :

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)(v^2 - v_0^2).$$

Le théorème des forces vives donne l'équation suivante :

$$\frac{1}{2g}\left(P + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)(v^2 - v_0^2) = \int (T - F - K)de.$$

Après différentation et réductions, on obtient, en tenant compte que :

$$\frac{de}{dt} = v,$$

l'équation :

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)\frac{dv}{dt} = T - F - K.$$

Considérant que K est toujours négligeable par rapport à F, et qu'en outre, chaque fois qu'on applique les freins, on a soin de fermer le régulateur de la machine et qu'en conséquence T devient égal à zéro, la relation précédente devient :

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)\frac{dv}{dt} = -F,$$

On a donc, lorsqu'il n'y a pas calage des roues :

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)\frac{dv}{dt} = -Qf_1. \qquad (1)$$

tandis qu'après le calage il vient :

$$\frac{P}{g}\frac{dv}{dt} = -Pf_2. \qquad (2)$$

3. — *Recherche des valeurs de f_1, et f_2.* — Avant de chercher à tirer parti des relations (1) et (2), il y a lieu d'examiner ce que sont, dans la pratique, les coefficients f_1, et f_2.

Avec des sabots en fer ou en fonte frottant contre des bandages en acier, on a trouvé expérimentalement que f_1 est fonction de la vitesse v et varie avec la durée de l'application, ensorte qu'on a:

$$f_1 = \varphi(v, t),$$

tandis que f_2, avec des rails en fer ou en acier et des bandages en acier, n'est fonction que de v et peut être représenté par :

$$f_2 = \varphi_2(v).$$

4. — *Expériences du capitaine Galton.* — Ces remarquables expériences ont été faites en Angleterre, et c'est à la suite de nombreux essais qu'ont été obtenus les résultats consignés dans le tableau suivant qui donne les valeurs de f_1 et f_2.

		VITESSES en mètres à la seconde 1	VITESSES en kilomètres à l'heure 2	PENDANT les 3 premières secondes de l'application 3	AU BOUT de 5 à 7 secondes 4	RAPPORT de la valeur des colonnes 4 à 3 5	AU BOUT de 12 à 15 secondes 6	RAPPORT de la valeur des colonnes 6 à 3 7	AU BOUT de 20 à 26 secondes 8	RAPPORT de la valeur des colonnes 8 à 3 9
VALEURS DE f_1, BANDAGES EN ACIER	SUR SABOTS EN FONTE	26,66	96	0,062	0,054	0,87	0,048	0,77	0,043	0,68
		22,22	80	0,100	0,070	0,70	0,056	0,56	»	»
		20, »	72	0,125	»	»	»	»	»	»
		17,77	64	0,134	0,100	0,74	0,080	0,60	»	»
		13,33	48	0,184	0,110	0,69	0,098	0,54	»	»
		8,88	32	0,205	0,175	0,80	0,128	0,62	0,070	0,34
		4,44	16	0,320	0,209	0,60	»	»	»	»
		2,22	8	0,360	»	»	»	»	»	»
	SUR SABOTS EN FER	24,16	87	0,110	»	»	»	»	»	»
		13,88	50	0,129	0,11	»	0,099	»	»	»
		6,94	25	0,170	»	»	»	»	»	»
VALEURS DE f_2	BANDAGES EN ACIER SUR RAILS EN FER	22,22	80	0,040	»	»	»	»	»	»
		20, »	72	0,051	»	»	»	»	»	»
		16,94	61	0,057	0,044	»	0,044	»	»	»
		10,10	40	0,080	0,074	»	»	»	»	»
		6,66	24	0,087	»	»	»	»	»	»
		4,44	16	0,110	»	»	»	»	»	»

Quant au coefficient d'adhérence f_s il est indépendant de la vitesse du train ; il est constant pour un état donné du rail, et par un temps sec, est égal à 0,25.

5. — *Valeur de* f_1. — En construisant la courbe des valeurs de f_1 pendant les premières secondes de l'application des sabots (col. 3 du tableau), on obtient une courbe qui peut être remplacée par une droite dont l'équation serait :

$$y = 0{,}26 - 0{,}0072\, v = \varphi_1(v),$$

v étant la vitesse exprimée en mètres par seconde.

Les valeurs ainsi obtenues pour f_1 seraient sensiblement exactes pour des vitesses comprises entre 100 et 20 *km* à l'heure ; tandis qu'elles seraient un peu trop faibles pour des vitesses inférieures à 20 *km* à l'heure.

Il faut, en outre, tenir compte de la décroissance du coefficient f_1 avec la durée de l'application du frein.

La valeur y devra être multipliée par un coefficient qui serait de 0,75 après 7 secondes d'application et de 0,60 après 14 secondes (0,75 et 0,60 sont les valeurs moyennes des colonnes 5 et 7).

La valeur de ce coefficient pourra être exprimée par

$$1 - \lambda t = u,$$

dans lequel il importe de déterminer λ.

Pour $t = 7''$, il vient :

$$1 - \lambda \times 7 = 0{,}75, \quad \text{d'où } \lambda = 0{,}036.$$

Pour $t = 14''$, il vient :

$$1 - \lambda \times 14 = 0{,}60, \quad \text{d'où } \lambda = 0{,}029,$$

ce qui donne pour λ une valeur moyenne et suffisamment approchée de $\lambda = 0{,}032$.

On a donc définitivement :

$$f_1 = \varphi(v, t) = (0{,}26 - 0{,}0072\, v)(1 - 0{,}032\, t) = u\varphi_1(v). \quad (3)$$

6. — *Valeur de* f_2. — Ce coefficient varie peu, ainsi qu'on l'a vu par le tableau, avec la durée de l'application.

En construisant la courbe de ses valeurs, on trouve qu'on peut, sans erreur sensible, excepté pour de très petites vitesses, la remplacer par la droite :

$$f_2 = \varphi_2(v) = 0{,}08 - 0{,}002 v ; \quad (4)$$

v exprimant la vitesse en mètres par seconde.

7. — *Calcul de* t *lorsqu'il n'y a pas calage.* — Reprenant l'équation (1), y remplaçant $\frac{Q}{P}$ par α, et f_1 par $u\ \varphi_1(v)$, on obtient :

$$-udt = \frac{1}{g\alpha}\left(1 + p\,\frac{\rho^2}{Pr^2}\right)\frac{dv}{\varphi_1(v)}$$

et, en intégrant :

$$-\left(t - \frac{0{,}032\,t^2}{2}\right) = \frac{1}{\alpha g}\left(1 + p\,\frac{\rho^2}{Pr^2}\right)\int\frac{dv}{\varphi_1(v)}$$

Comme

$$dv = \frac{d.\,\varphi_1(v)}{\varphi'_1(v)}$$

et

$$\int\frac{d.\,\varphi_1(v)}{\varphi'_1(v)} = \mathrm{l}\varphi_1(v),$$

il vient, en conséquence :

$$\int_{v_0}^{v}\frac{d.\,\varphi_1(v)}{\varphi_1(v)} = \mathrm{l}\varphi_1(v) - \mathrm{l}\,\varphi_1(v_0) = \mathrm{l}\frac{\varphi_1(v)}{\varphi_1(v_0)}$$

et

$$t - 0{,}016\,t^2 = \frac{-1}{g\alpha\varphi'_1(v)}\left(1 + p\,\frac{\rho^2}{Pr^2}\right)\mathrm{l}\,\frac{\varphi_1(v)}{\varphi_1(v_0)} \qquad (5)$$

Si on remplace $\varphi_1(v_0)$ et $\varphi_1(v)$ par leurs valeurs, et si on observe que la dérivée, par rapport à v, de $\varphi_1(v)$ est, après réduction, $\varphi'_1(v) = -0{,}0072$, il vient finalement :

$$t - 0{,}016\,t^2 = \frac{1}{0{,}0072\,g\alpha}\left(1 + \frac{p\rho^2}{Pr^2}\right)\mathrm{l}\,\frac{0{,}26 - 0{,}0072v}{0{,}26 - 0{,}0072v_0}$$

ou mieux :

$$t - 0{,}016\,t^2 = \frac{10{,}000}{72\,g\alpha}\left(1 + \frac{p\rho^2}{Pr^2}\right)\mathrm{l}\,\frac{260 - 7{,}2v}{260 - 7.2v_0} \qquad (6)$$

Cette relation (6) donne v en fonction de t :

$$v = f(t),$$

en sorte que, puisque :

$$v = \frac{de}{dt},$$

on pourra obtenir e par l'équation :

$$e = \int vdt = tf(t).$$

Dans la pratique on peut, sans erreur sensible, attribuer à g une valeur de 10 m ; si on considère de plus, que le rapport $\frac{\rho_2}{r_2}$ a une valeur moyenne établie expérimentalement de 0,54, et que le rapport $\frac{p}{P}$ se rapproche généralement de 0,2, l'équation (6) devient, après réduction :

$$t - 0{,}016\, t^2 = \frac{15{,}4}{\alpha} \times 1 \frac{36 - v}{36 - v_0},$$

d'où on tire :

$$t^2 - 62{,}5\, t + \frac{15{,}4}{\alpha} \mathrm{I} \frac{36 - v}{36 - v_0} = 0$$

et

$$t = 31.25 - \sqrt{31.25^2 - \frac{962}{\alpha} 1 \frac{36 - v}{36 - v_0}}. \qquad (8)$$

Cette racine de t est seule acceptable, l'autre conduisant à des résultats absurdes dans le cas du problème.

Remarques. — *a.* — Pour que la valeur de t soit aussi petite que possible, on voit qu'il faudrait faire d'abord α aussi grand que possible, à condition de le réduire à mesure que v diminue, de façon, bien entendu, à ne jamais produire le calage des roues.

b. — Pour un ralentissement donné $v_0 - v =$ constante, l'équation (8) donnera pour t des valeurs d'autant plus grandes que les vitesses v_0 et v seront elles-mêmes plus élevées. En conséquence, dans un train muni d'un frein continu, où la propagation du serrage se ferait de l'avant à l'arrière, *les secousses ressenties en queue du train seront d'autant plus sensibles que la vitesse du train était plus faible.* En effet, dans le temps θ requis pour la propagation du serrage d'une voiture quelconque à la suivante et qui est constant, quel que soit v_0, le ralentissement de la vitesse de la voiture déjà soumise à l'action du frein sera d'autant plus grand que v_0 était plus petit. C'est ce qui explique que, dans des essais faits, en 1886, aux États-Unis, à Burglington (Illinois), avec des trains de cinquante voitures, les chocs ressentis dans le fourgon de queue aient été beaucoup plus considérables lorsqu'on appliquait les freins avec une vitesse de marche de 32 kilomètres à l'heure que lorsqu'on les appliquait avec une vitesse de 64 kilomètres à l'heure. En tous cas, le ralentissement pouvant produire des chocs sera d'autant plus faible que θ sera plus petit.

8. — *Calcul de* t *lorsqu'il y a calage.* — Dans le cas du calage des roues, l'équation (2) se transforme successivement comme suit, en faisant $g = 10\ m$:

$$\frac{1}{g}\frac{dv}{dt} = -\varphi_2(v),$$

d'où :

$$dt = -g\frac{dv}{\varphi_2(v)},$$

et

$$t = -\int g\frac{dv}{\varphi_2(v)} = 10\frac{v_0 - v}{0{,}08 - 0{,}0018\,v}. \qquad (9)$$

9. — *Influence des déclivités.* — Si on veut faire ressortir l'influence de *l'inclinaison de la ligne*, en désignant par i cette inclinaison, c'est-à-dire la différence de hauteur par unité de longueur, on obtient pour la vitesse due à cette inclinaison, la vitesse initiale étant supposée nulle, la valeur :

$$\sqrt{2gi}.$$

Si on désigne par F la valeur moyenne de la force retardatrice entre le point où la vitesse est v_1 et celui où elle est v_2, le théorème des forces vives donne :

$$-\mathrm{F}e = \frac{1}{2g}\left(\mathrm{P} + p\frac{\rho^2}{r^2}\right)(v_1^2 - v_2^2 \mp e2gi).$$

Divisant F par $\mathrm{P} + p\frac{\rho_2}{r^2}$ et appelant F_a le résultat :

$$\mathrm{F}_a = \frac{100\ \mathrm{F}}{\mathrm{P} + p\frac{\rho^2}{r^2}}$$

il vient en faisant $g = 10\ m$:

$$-\mathrm{F}_a \times e = 5\,(v_1^2 - v_2^2) \mp e\,100\ i.$$

Pour $v_2 = 0$, c'est-à-dire lorsqu'on opère sur l'arrêt complet, il vient :

$$-\mathrm{F}_a = 5\frac{v_1^2}{e} \mp 100\ i \qquad (10)$$

et

$$e = \frac{5\ v_1^2}{\mathrm{F}_a \mp 100\ i}. \qquad (11)$$

10. — *Cas où il n'y a qu'une portion de la charge totale soumise à l'action des freins.* — Dans le cas où il y aurait seulement une portion P′ de la charge totale P soumise à l'action des freins, il faudrait multiplier dans ce qui précède :

$$P + \frac{p\rho^2}{r^2} \text{ par le coefficient } \frac{1}{P'}$$

11. — *Résumé des résultats obtenus par M. Galton.* — Les résultats des expériences de M. Galton peuvent se résumer de la manière suivante :

a. — La pression exercée contre les roues par les sabots ne semble pas ralentir la vitesse de rotation de ces roues tant que le calage n'a pas commencé ;

b. — Aussitôt que la vitesse de rotation des roues devient inférieure à la vitesse de translation, le calage commence et devient complet après un intervalle de temps assez court, mais appréciable. A la vitesse de 96 *km* à l'heure, cet intervalle a été évalué, dans les expériences, à trois secondes ;

c. — La résistance créée par l'application des freins est bien plus considérable lorsqu'il n'y a pas calage des roues que lorsqu'il y a calage.

On a vu, en effet, qu'en général $Q\varphi(v, t)$, est bien plus grand que $P\varphi_2(v)$;

d. — Pendant la période qui précède immédiatement le calage, la force retardatrice croît beaucoup au delà de ce qu'elle était un peu avant. A ce moment, la vitesse de rotation décroissant, le coefficient de frottement entre le sabot et la roue croît très rapidement ;

e. — Pour caler les roues, il faut exercer sur elles une pression bien plus considérable que celle qui sera suffisante pour les maintenir calées. Lorsque la roue est calée, elle ne glisse plus, en effet, contre le sabot, et le coefficient de frottement s'opposant au décalage est plus considérable qu'il n'était lorsque le calage s'est produit.

12. — *Conditions auxquelles devrait satisfaire un frein.* — En conséquence, un frein devrait être établi de façon à satisfaire, autant que possible, aux conditions suivantes :

a. — Agir sur toutes les roues du train ;

b. — Afin d'obtenir le maximum de force retardatrice, pouvoir

serrer sur toutes les roues du train, avec toute sa puissance, le plus promptement possible ;

c. — Régler la pression des sabots suivant la vitesse et les autres circonstances, de telle façon que les frottements entre les sabots et les roues ne dépassent jamais l'adhérence de la roue sur le rail, tout en s'en rapprochant le plus possible ; le frein exercerait ainsi, à chaque instant, le maximum de sa puissance retardatrice ;

d. — Pouvoir appliquer les sabots avec une pression passant par tous les degrés d'intensité jusqu'à son maximum. Les freins devront pouvoir agir continuellement sur les pentes et fréquemment, pendant des temps courts, aux bifurcations et aux stations.

13. — *Réglage de la distance entre les sabots et les roues.* — Il est utile de rappeler que si, dans un train, le rapport :

$$\frac{1}{g} \times \frac{P + p\frac{\rho^2}{r_2}}{F},$$

de la masse à la force retardatrice appliquée, était le même pour chaque essieu, un frein qui agirait uniformément sur toutes les roues produirait des arrêts sans secousses, et dont la durée à partir de l'application des freins serait réduite à son minimum.

Ces conditions idéales ne peuvent exister dans la pratique et alors même que l'homogénéité pourrait exister à un moment donné, l'usure inégale des sabots ainsi que des bandages des roues la détruirait en bien peu de temps. De plus, la production de la force employée pour déterminer le serrage ne se transmet pas simultanément sur tous les véhicules du train, et sa propagation d'un bout à l'autre exige un temps appréciable.

Pour le bon fonctionnement des freins, il est donc très important que la distance entre les sabots et les roues demeure bien réglée, et que la propagation de la force qui détermine la mise en action des appareils moteurs s'effectue rapidement.

14. — *Appareils moteurs.* — On peut se servir, pour agir sur la timonerie des freins, d'agents divers : dans les freins continus on a employé notamment l'électricité, la pression hydraulique et l'air comprimé ou raréfié.

L'électricité a donné des résultats fort satisfaisants dans certaines expériences, mais son usage est néanmoins peu répandu.

Les freins hydrauliques ne sont presque pas employés, à cause du manque d'élasticité de l'agent de transmission.

Les freins pneumatiques, à vide ou à air comprimé, répondent mieux aux besoins, aussi leur usage est-il de beaucoup le plus répandu.

Il y a quelque temps, on a obtenu, dans des essais faits avec de longs trains de marchandises, de bons résultats par l'emploi de l'électricité pour commander les distributeurs de freins à vide ou à air comprimé en vue d'augmenter la rapidité de propagation du serrage.

Mais l'introduction d'un second agent, tel que l'électricité, pour mettre en action la force emmagasinée sous les voitures est assez coûteuse ; de plus, elle doit augmenter trop considérablement les chances de dérangement pour pouvoir être admise dans la pratique ordinaire.

DEUXIÈME PARTIE

FREINS A AIR COMPRIMÉ

CHAPITRE II

I. — Fonctionnement des freins a air comprimé en général

15. — *Appareils spéciaux placés sur la locomotive.* — Quel que soit le système employé, la locomotive est toujours munie *d'une pompe de compression* qui comprime de l'air et l'emmagasine dans un grand réservoir, appelé *réservoir principal*, dans le cas des freins *automatiques*.

Un *robinet de manœuvre* à la disposition du mécanicien permet d'effectuer, selon le besoin, tantôt l'admission de l'air comprimé, dans la conduite générale, tantôt son évacuation à l'extérieur. Ce robinet peut être un simple robinet à trois voies.

16. — *Appareils spéciaux placés sous les voitures.* — Sous chaque voiture se trouve un cylindre, dit *cylindre à freins*, relié, par un branchement, à une *conduite générale* qui règne tout le long du train et qui vient aboutir au robinet de manœuvre.

Dans le cylindre à freins se trouve un piston moteur ou un diaphragme moteur pour commander la timonerie des freins proprement dits.

Freins directs.

17. — *Fonctionnement.* — Avec le frein direct, le mécanicien produit le serrage, en mettant en communication le réservoir avec la conduite générale ; l'air comprimé se rend alors dans chaque cylindre à freins, où il agit sur les pistons avec un effort proportionnel à la pression introduite. Le mécanicien peut, à tout instant, augmenter ou réduire cette pression et, par conséquent, augmenter ou réduire la force retardatrice appliquée sur le train.

Le frein direct est donc un appareil *modérable*, c'est-à-dire dont

l'action peut être graduée à volonté et selon le besoin. Il se prête parfaitement à la descente régulière des pentes ; mais, comme il faut envoyer une grande quantité d'air par la conduite générale, chaque fois qu'on veut produire le serrage, l'application des freins ne se fait qu'avec une certaine lenteur et n'a lieu sur les dernières voitures d'un train qu'après un espace de temps assez long.

Aujourd'hui, l'emploi des freins directs à air comprimé est presque entièrement abandonné pour faire place à celui des freins automatiques, dans certains desquels la propagation de l'action peut s'effectuer très rapidement.

Freins automatiques.

18. — *Appareils spéciaux établis sur les véhicules.* — Dans le cas des freins automatiques il y a, sous chaque voiture, en outre du cylindre à freins, un *réservoir auxiliaire ;* dans les meilleurs systèmes, il y a, de plus, un *appareil distributeur*.

Pendant la marche du train, le réservoir principal alimente la conduite générale et les réservoirs auxiliaires, dans lesquels se trouve toujours un approvisionnement d'air comprimé prêt à agir.

Pour provoquer l'application des freins, il suffit au mécanicien de perdre subitement, par son robinet de manœuvre, tout ou partie de la pression dans la conduite générale ; les pistons des cylindres à freins sont alors mis en mouvement et déterminent l'application des sabots contre les bandages des roues.

Comme toute fuite suffisamment importante, en un point quelconque de la conduite générale, doit avoir pour effet de réduire la pression de l'air dans celle-ci, *il s'ensuit qu'une rupture d'attelage fera appliquer automatiquement les freins sur les deux tronçons du train.* C'est pour cette raison que ces appareils sont appelés « *automatiques* ».

Le desserrage, dans le fonctionnement régulier, s'effectue par la réintroduction de la charge dans la conduite principale ; en cas d'arrêt produit *automatiquement*, le desserrage sur le dernier tronçon du train se fait en ouvrant à la main, sous chaque voiture, des soupapes de décharge ; l'air renfermé dans les cylindres et dans les réservoirs auxiliaires s'échappe alors à l'extérieur.

19. — *Classification des freins automatiques.* — Dans quelques systèmes, les deux chambres du cylindre à freins communiquent avec la conduite générale et sont, par conséquent, chargées d'air

comprimé à la même pression, aussi longtemps que les freins ne sont pas appliqués. Le serrage se produit par suite de l'abaissement de la pression dans l'une de ces deux chambres, et *sa puissance dépend de la différence des pressions qui s'exercent sur les deux faces du piston.*

Avec d'autres systèmes, le *fonctionnement se fait en sens inverse*, c'est-à-dire que l'air comprimé n'est admis dans le cylindre à freins que pendant le serrage.

20. — *Dépense d'air comprimé.* — Dans la première de ces catégories de freins automatiques, il y a toujours, quelle que soit l'énergie du serrage, *perte d'une même quantité de force.* Cette quantité est représentée par un volume d'air à la pression de charge et égal au volume engendré par le piston du cylindre à freins.

Les appareils de la deuxième catégorie de freins automatiques ne dépensent qu'une quantité de force proportionnelle à l'intensité du serrage obtenu. Ils sont donc d'un emploi plus économique que les premiers.

21. — *Différence entre le fonctionnement des freins directs et le fonctionnement des freins automatiques.* — En résumé :

Dans les divers systèmes de freins continus à air comprimé, on dispose d'une force placée sur la machine et dont il faut opérer la distribution sous chaque voiture du train.

Avec les appareils *non automatiques*, la distribution ne se fait que lorsqu'on veut serrer les freins.

Avec les appareils *automatiques*, au contraire, la force est emmagasinée d'avance sous chaque véhicule; elle doit agir aussitôt que, par suite de l'abaissement de la pression dans la conduite générale, la résultante des forces qui s'exercent sur certains organes change de direction.

II. — DESCRIPTION DES APPAREILS EN USAGE, A FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE, DANS LESQUELS LES DEUX CHAMBRES DU CYLINDRE A FREINS SONT EN COMMUNICATION AVEC LA CONDUITE GÉNÉRALE LORSQUE LES FREINS NE SONT PAS APPLIQUÉS.

Freins Carpenter et freins Schleifer.

22. — *Frein Carpenter.* — L'appareil Carpenter est représenté en section par la *figure 1*. Il consiste, du moins en ce qui concerne la partie pneumatique ou motrice de l'appareil, en un cylindre à

freins dont une chambre est suffisamment élargie pour emmagasiner l'air nécessaire au fonctionnement, et servir ainsi de réservoir auxiliaire.

Le piston est garni de cuir embouti dont la concavité est tournée vers le réservoir auxiliaire et la convexité vers la conduite générale.

Pendant la marche du train, l'air peut donc pénétrer dans la *chambre-réservoir* en passant entre les parois du cylindre et la garniture du piston, dont les deux faces sont alors soumises à des pressions égales.

Lorsqu'on produit une dépression dans la conduite générale, l'air qui remplissait la chambre placée entre la conduite générale et le piston s'écoule à l'extérieur par la conduite générale, tandis que l'air qui est resté emprisonné dans l'autre chambre, ou chambre-réservoir, se détend et pousse le piston dont la garniture s'applique contre les parois du cylindre à freins. Le serrage des freins se produit alors.

En réintroduisant de l'air comprimé dans la conduite générale, on rétablit l'équilibre sur les deux faces du piston, dont la garniture cesse d'être appliquée contre les parois du cylindre à freins; l'action d'un ressort de rappel ramène alors le piston à la position de desserrage.

23. — *Frein Schleifer.* — Le frein Schleifer (fig. 2) ne diffère du frein Carpenter que par des dispositions qui sont indépendantes de l'appareil pneumatique proprement dit. Le ressort de rappel est remplacé par un contrepoids.

24. — *Inconvénients des freins Carpenter et des freins Schleifer.* — Les appareils Carpenter, ainsi que ceux de Schleifer, sont d'une grande simplicité, mais *leur fonctionnement a le défaut reproché aux freins directs, d'exiger, avant que le serrage puisse se produire, l'écoulement par la conduite générale d'une grande quantité d'air. Les freins Carpenter, comme les freins Schleifer, ne sont donc applicables qu'aux trains qui comprennent un petit nombre de véhicules.*

Frein Clark.

25. — *Description et fonctionnement.* — Cet appareil, dont la description est tirée du brevet anglais, n° 1047, du 16 mars 1878, est caractérisé par l'emploi d'un distributeur, dit *soupape d'équilibre*, qui fait échapper l'air à l'extérieur près de chaque cylindre

à freins et non, comme dans les appareils précédents, en passant par la conduite générale. Ce perfectionnement important a pour résultat d'assurer une plus grande rapidité dans la production du serrage.

Le frein Clark est représenté dans son ensemble par la figure 3. Lorsque les freins sont dans la position de desserrage, la conduite principale communique, en passant par le branchement *a* et la soupape d'équilibre E avec la chambre à droite du piston et, en passant par le branchement *a* et la soupape de retenue *r*, dans le réservoir auxiliaire R et la chambre à gauche du piston.

Dans la soupape d'équilibre E, l'air comprimé arrive de la conduite générale et, passant autour de la garniture de cuir embouti *l* et soulevant le clapet *b*, pénètre dans le cylindre à freins par *c*. Lorsqu'on réduit la pression dans la conduite principale, la pression de l'air contenu dans la chambre gauche du cylindre fait appliquer le clapet *b*, ainsi que la garniture de *l*, et repoussant le piston *l*, découvre la lumière *k* par laquelle l'air s'échappe à l'extérieur jusqu'à ce que la pression dans ladite chambre du cylindre à freins, soit descendue à la pression de l'air dans la conduite générale.

Le piston du cylindre à freins agit donc sur les sabots en vertu de la différence des pressions exercées sur ses deux faces.

Frein Wenger.

26. — *Description et fonctionnement.* — Le frein Wenger, représenté par la figure 4, n'est, en réalité, que le frein Clark modifié.

Lorsque la conduite générale est en charge, l'air comprimé arrive par *a* dans l'intérieur de la soupape d'équilibre ou distributeur S, passe entre sa paroi et le cuir embouti qui sert de garniture au piston *p* pour se rendre dans le cylindre à freins dont il remplit les deux chambres R et C.

Dans la soupape d'équilibre, un ressort pousse le piston *p*, ce qui maintient fermée la lumière *o*. La tige de *p* est creusée à sa partie inférieure, de façon à faire communiquer constamment les deux faces de *p* et empêcher les fuites légères de faire mouvoir ce piston *p* et, par suite, d'occasionner inutilement des pertes d'air dans C.

Le cylindre à freins renferme deux pistons montés sur la même tige, le petit piston étant, comme le grand, garni de cuir embouti pour empêcher les fuites de se produire par le joint de la tige.

M. Wenger avait cru, en adoptant cette disposition, qui, du reste, n'était pas nouvelle (*Voir* le brevet anglais de M. Westing-

house, n° 1540, du 1er mai 1874), pouvoir se dispenser de l'emploi de ressorts de rappel. Mais, comme il fallait s'y attendre, lorsque les cylindres à freins ne sont point remplis d'air comprimé, ainsi qu'il arrive dans un grand nombre de manœuvres en gare, les sabots restaient rapprochés des bandages, et on a été obligé de recourir à l'usage de ressorts de rappel.

Comme dans le cas du frein Clark, lorsqu'il se produit une dépression brusque dans la conduite, les garnitures de *p* et du grand piston P s'appliquent respectivement contre les parois du distributeur et du cylindre ; *p* descend et découvre la lumière *o*, par laquelle l'air comprimé de la chambre C s'écoule à l'extérieur jusqu'à ce que la pression y soit descendue à celle de l'air dans la conduite générale.

Le desserrage se fait par la réintroduction de la pression dans la conduite générale.

III. — DESCRIPTION DES APPAREILS EN USAGE, A FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE, DANS LESQUELS L'AIR COMPRIMÉ N'EST ADMIS DANS LE CYLINDRE A FREINS QUE PENDANT LE SERRAGE.

Freins Westinghouse.

27. — *Description et fonctionnement.* — La figure 5 montre l'ensemble des appareils que porte chaque voiture, et qui sont : la conduite générale, un distributeur appelé « *triple valve* », un réservoir auxiliaire et un cylindre à freins.

Pendant la marche, le piston P du distributeur est soulevé par l'air comprimé, qui pénètre, en passant par une rainure *d*, dans le réservoir auxiliaire, tandis que le tiroir S fait communiquer le cylindre à freins avec l'air extérieur.

Lorsqu'on produit brusquement l'évacuation de la conduite générale, P s'abaisse en entraînant le tiroir S, ce qui découvre complètement l'orifice D et laisse passer l'air du réservoir auxiliaire qui se détend dans le cylindre à freins et produit l'embrayage.

En réintroduisant la charge dans la conduite générale, P est soulevé à nouveau, l'air du cylindre à freins à air s'écoule dans l'atmosphère et le desserrage se produit.

Il est bon de remarquer que la tige du piston P glisse dans le manchon qui porte S, de façon à permettre au piston P de monter ou descendre d'une longueur d'environ 5 *mm* après que S est à fond de course.

Le petit piston Q est attaché par le verrou M à la tige de P; c'est au moyen de ce petit piston ou clapet Q qu'on a cherché à obtenir une certaine modérabilité, ainsi qu'il va être expliqué.

Lorsqu'au lieu d'arrêter avec toute l'énergie correspondant à la pleine admission de l'air du réservoir auxiliaire dans le cylindre à freins, le mécanicien veut obtenir un serrage modéré, il laisse échapper une quantité d'air nécessaire pour réduire au degré voulu la pression dans la conduite générale. P descend, et, entraînant avec lui, d'abord S, *a* coïncide avec D, l'air du réservoir auxiliaire se rend par le petit orifice *a*, dans le cylindre à freins, et il se produit un serrage modéré. Au bout d'un certain temps, le réservoir auxiliaire aura perdu une certaine quantité d'air et la pression s'y sera abaissée jusqu'à devenir moindre que celle de l'air qui est resté dans la conduite générale.

Alors P remontera, tandis que S restant à la position où il a été amené, le piston Q viendra fermer le passage entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins, et les freins seront appliqués avec une pression modérée.

Dans le cylindre à freins, le piston est toujours maintenu, par des ressorts de rappel, à la position de desserrage tant que les freins ne doivent pas être appliqués.

Frein Westinghouse-Henry.

28. — *Description.* — Dans la pratique, l'appareil qui vient d'être décrit n'est point modérable, malgré l'introduction, dans le distributeur, du petit piston Q.

C'est, entre autres raisons, pour obvier à cet inconvénient que M. Henry a modifié le frein Westinghouse et a créé l'appareil adopté par la Compagnie du P.-L.-M., dont la description qui suit est extraite de la *Revue générale des Chemins de fer*, année 1883.

« Ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par le dessin d'ensemble (fig. 6), cette disposition n'est, en réalité, que la combinaison du frein Westinghouse automatique actuel avec le frein d'origine *non automatique*. Cette combinaison est obtenue, sur chaque véhicule, au moyen de deux conduites distinctes, reliées par un organe spécial, qui permet, à volonté, le fonctionnement indépendant de l'une ou l'autre de ces conduites pour commander l'action séparée de l'un ou de l'autre des deux freins, et, sur la machine, de deux séries d'appareils que le mécanicien doit employer avec discernement suivant les cas...

» La disposition adoptée par la Compagnie de Lyon a eu pour » conséquence l'addition de plusieurs organes, savoir :

» 1° Sur la machine, un *deuxième robinet de manœuvre* avec ma- » nomètre, tuyauterie accessoire et raccords d'accouplement ;

» 2° Sous chaque véhicule, une *deuxième conduite principale* à » air avec ses raccords d'accouplement ;

» 3° Enfin, sur chaque triple valve, une *double valve d'arrêt* des- » tinée à l'isolement des deux conduites principales *automatique* » et *modérable*.

» En principe, l'air comprimé venant du réservoir de la machine » est distribué, par le robinet de manœuvre, dans la conduite » principale du train, d'où elle se rend directement et succes- » sivement dans le cylindre à freins de chaque véhicule, pour pro- » duire le serrage. Cet air est ensuite évacué dans l'atmosphère, » toujours par l'intermédiaire du robinet de manœuvre, lors du » desserrage.

» On voit donc qu'avec le frein modérable il y a *serrage*, lorsque » la conduite principale est remplie d'air comprimé, et *desserrage*, » lorsque cette conduite est vidée.

» Avec le frein automatique, au contraire, il y a *serrage*, lorsque » la conduite principale est vidée, et *desserrage*, lorsque cette con- » duite est remplie d'air comprimé...

» La double valve d'arrêt, disposée contre la triple valve, porte » trois ouvertures qui sont en communication, l'une avec la con- » duite modérable, l'autre avec le réservoir auxiliaire, par la triple » valve, et enfin la troisième, commune aux deux autres, com- » munique avec le cylindre à freins. Un piston à deux faces peut » se mouvoir dans l'intérieur, de manière à intercepter l'une ou » l'autre des deux conduites automatique et modérable.

» 29. — *Fonctionnement.* — 1° *Quand le frein automatique agit.* — » Dans ce cas, le piston de la triple valve s'est abaissé et démasque » l'orifice de la double valve d'arrêt : l'air du réservoir auxiliaire » pousse le piston P de la double valve qui vient fermer la con- » duite modérable ; l'air introduit, trouvant une issue par les » orifices *o* que le piston a dégagés, se rend au cylindre à frein » pour opérer le serrage.

» 2° *Quand le frein modérable agit.* — Si on desserre le frein » automatique, le piston de la triple valve remonte pour inter- » cepter la communication du réservoir auxiliaire avec le cylindre » à freins, et l'air contenu dans celui-ci s'échappe dans l'atmos-

» phère. L'air envoyé dans la conduite modérable, au moyen du » robinet de manœuvre, pousse alors le piston de la double valve » d'arrêt jusqu'à la fermeture du conduit de la triple valve : cet » air passe à travers les orifices *o* et se rend au cylindre à freins » pour déterminer le serrage.

» 3° *Pendant la vidange des réservoirs auxiliaires du train.* — Si » les freins sont serrés intempestivement en cours de route, au » moyen de la conduite automatique, les organes de la triple valve » et de la double valve d'arrêt se retrouvent dans la position du » premier cas. En ouvrant à fond le robinet de la conduite mo- » dérable, l'air arrivant du réservoir de la machine, qui a une » pression supérieure de 2 *kg* à celle de l'air du réservoir auxi- » liaire et de celui détendu dans le cylindre à freins, repousse le » piston P et le force à fermer la communication avec la triple » valve ; mais le piston a entraîné dans sa course le tiroir H pour » dégager l'orifice *e* qui communique avec l'atmosphère et donner » issue à l'air du réservoir auxiliaire, jusqu'à échappement com- » plet.

» L'action du frein automatique se trouve donc annulée jusqu'à » nouveau remplissage de la conduite principale et des réservoirs » auxiliaires.

» On vide ensuite la conduite modérable et les cylindres à » freins, au moyen du robinet de manœuvre, et on remet immé- » diatement le train en marche.

» En résumé, on voit que, dans son ensemble, la disposition » adoptée par la Compagnie de Lyon permet :

» 1° De serrer les freins isolément, par l'une ou par l'autre des » deux conduites et au moyen du jeu de la double valve d'arrêt, » en manœuvrant séparément le robinet convenable à chaque » conduite ;

» 2° De pouvoir serrer graduellement les freins au moyen de la » conduite *directe*, dite modérable, pour régler la vitesse des trains » sur des pentes à fortes déclivités et pour obtenir des arrêts » lents dans les gares ;

« 3° Enfin de pouvoir annuler l'action du frein automatique, » dans le cas de serrage intempestif, et de remettre presque im- » médiatement le train en marche, au moyen de la conduite » directe.

» La combinaison des deux freins permet, en outre, en cas » d'avarie inutilisant le frein automatique en cours de route, » d'avoir sous la main un deuxième frein prêt à fonctionner.

» On remarquera cependant, à un autre point de vue, que les » résultats qu'il est possible d'obtenir avec une telle combinaison » sont la conséquence de l'addition d'éléments d'une complication » importante, comparativement à la disposition automatique à » conduite unique. »

IV. — Observations sur le fonctionnement des appareils décrits.

30. — *Pression maxima exercée sur les pistons des cylindres à frein.* Soient, pour tous les systèmes qui viennent d'être décrits :

V_R, le volume de la chambre-réservoir ou du réservoir auxiliaire, selon le cas ;

V_c, le volume engendré par le piston du cylindre à freins, pour produire le serrage ;

P_a, la pression atmosphérique ;

P, l'excédent, sur la pression atmosphérique, de la pression normale pendant le desserrage, tant dans la conduite générale que dans le réservoir auxiliaire ;

x_0, la pression effective dans le réservoir auxiliaire, après la détente complète. Avec le frein *Westinghouse* et l'appareil automatique *Westinghouse-Henry*, la détente complète correspond au maximum de pression transmise aux sabots ; mais, avec les autres types examinés, *il y a toujours détente complète, quelque faible que soit l'intensité de la pression exercée sur les roues.*

On obtient la relation :

$$x_0 = \frac{V_R P - V_c P_a}{V_R + V_c},$$

qui peut s'écrire :

$$x_0 = \frac{\frac{V_R}{V_c} P - P_a}{\frac{V_R}{V_c} + 1} \qquad (12)$$

En désignant par p la valeur de la pression à exercer sur le piston pour équilibrer les résistances, telles que la portion du poids de la timonerie qui peut lui être transmise et l'action du ressort de rappel, la pression effective maxima X, exercée sur le piston ne sera, en réalité, que :

$$X = \frac{V_R P - V_c P_a}{V_R + V_c} - p \qquad (13)$$

31. — *Dépression minima à produire pour obtenir un commencement de serrage dans les freins Wenger et Carpenter.* — Dans les systèmes *Wenger*, *Carpenter* et *Schleifer*, une dépression d, égale à :

$$d = P - X \qquad (14)$$

sera sans effet dans la production du serrage ; elle suffira seulement pour amener les sabots en contact avec les bandages des roues.

Dans les cylindres Wenger et Carpenter le rapport $\frac{V_a}{V_c}$ est sensiblement égal à 2,5. D'un autre côté, la pression de marche P étant usuellement de 4 atmosphères, tandis que p est à très peu près égal à 0,3 P_a, on obtient, après calculs, au moyen des équations (13) et (14) :

$$X = 2{,}3 \text{ atmosphères}$$

et

$$d = 1{,}7 \text{ atmosphère.}$$

En d'autres termes, *avant de pouvoir exercer aucune pression sur les sabots et de commencer à produire un serrage quelconque, il faut perdre près de 2 kg de pression dans la conduite générale, soit la moitié de la charge totale.*

La possibilité de graduer le serrage ou le desserrage n'existe donc qu'entre des limites assez rapprochées.

32. — *Dépression à produire pour effectuer le serrage avec les freins Westinghouse.* — Dans le frein *Westinghouse*, la valeur du rapport $\frac{V_a}{V_c}$ varie entre 8 et 4, selon l'usure des sabots, en sorte que, pour une pression de marche P = 4, le calcul fait voir que la valeur de x_o varie entre $x_o = 3{,}44$ *kg* et $x_o = 3{,}00$ *kg*, et, si on attribue à p la valeur 0,3, il en résulte que X peut varier entre 3,14 *kg* et 2,70 *kg*.

Le serrage à fond s'effectuerait donc dès qu'on aurait produit dans la conduite générale une dépression variant selon le cas entre 0,66 *kg* et 1,00 *kg*, soit entre 16 0/0 et 25 0/0 de la pression totale, s'il n'y avait pas à tenir compte du fonctionnement du distributeur ou « triple valve ».

Dans la pratique, en effet, le piston du distributeur n'accomplit pas sa course instantanément, quoiqu'il l'effectue avec une grande rapidité.

33. — *Inconvénients résultant de la présence de freins Westinghouse et Wenger dans un même train.* — De ce qui vient d'être expliqué

sur le fonctionnement des appareils, il découle *que, lorsqu'il entre dans la composition d'un même train des voitures munies de freins Westinghouse et des voitures munies de freins Wenger, Schleifer ou Carpenter, les freins sont actionnés très irrégulièrement*. Des conséquences graves peuvent être amenées par l'emploi simultané de ces divers systèmes.

En effet, soit qu'on ne veuille que modérer la vitesse du train, soit qu'on veuille produire un arrêt, *les appareils Westinghouse s'appliquent à fond alors que les autres n'ont point encore commencé à agir*.

L'un des objets qu'on a cherché à atteindre avec les appareils nouveaux a été, ainsi qu'on l'a déjà dit, *l'uniformisation a peu de frais et en peu de temps, du fonctionnement des appareils existants*. — En conséquence, *avec ces appareils nouveaux on peut transformer les appareils Carpenter, Wenger ou Schleifer en appareils fonctionnant comme le frein Westinghouse ou vice versa*.

CHAPITRE III

Nouveaux appareils fonctionnant par l'air comprimé.

34. — *Classification*. — Les nouveaux appareils fonctionnant par l'air comprimé, quoique reposant tous sur le principe de l'emploi de pistons différentiels, appartiennent aux trois classes suivantes:

1° Appareils dont *l'action peut être graduée* et qui sont applicables aux systèmes de freins dans lesquels le serrage est produit par l'admission de l'air comprimé dans le cylindre à freins ;

2° Appareils dont *l'action peut être également graduée*, applicables aux freins dans lesquels le serrage résulte de l'échappement de l'air comprimé qui était contenu dans le cylindre à freins ;

3° Appareils qui doivent produire le serrage à fond pour une dépression partielle produite dans la conduite générale, et peuvent fonctionner à la façon des freins *Westinghouse*, tout en n'envoyant dans les cylindres à freins que de l'air à faible pression.

Une 4e catégorie se rapporte aux appareils à fonctionnement rapide et destinés au freinage des trains de marchandises.

I. — APPAREILS DONT L'ACTION PEUT ÊTRE GRADUÉE ET QUI SONT APPLICABLES AUX SYSTÈMES DE FREINS DANS LESQUELS LE SERRAGE EST PRODUIT PAR L'ADMISSION DE L'AIR COMPRIMÉ DANS LE CYLINDRE A FREINS.

35. — *Ensemble des appareils.* — La disposition d'ensemble est analogue à celle qui est adoptée dans le frein Westinghouse.

La figure 7 fait voir comment sont installés les appareils spéciaux que porte chaque voiture et qui sont, en outre de la conduite générale : un distributeur, un cylindre à freins et un réservoir auxiliaire.

Pendant la marche du train, le distributeur fait communiquer la conduite générale avec le réservoir auxiliaire, tandis que le cylindre à freins communique avec l'air extérieur.

La production dans la conduite générale d'une dépression suffisante fait cesser toute communication entre celle-ci et le réservoir auxiliaire, tandis qu'elle met ce dernier en communication avec le cylindre à freins. L'air du réservoir auxiliaire se détend en pénétrant dans le cylindre à freins, dont il fait mouvoir le piston pour appliquer les sabots. La réintroduction de la pression dans la conduite générale produit le desserrage.

36. — *Distributeur.* — Le *distributeur* (fig. 8) est caractérisé par l'emploi de deux systèmes de pistons et clapets ; l'un d'eux, *le système* n, m, a, *fonctionne pour produire le serrage, tandis que l'autre, le système* p, q, f, *commande le desserrage.*

Les pistons *m*, *n*, *p*, *q* ont tous des garnitures de cuir embouti tournées dans les sens indiqués par la figure ; le clapet *f* peut être remplacé par un piston.

Pendant la marche, l'air comprimé, débouchant de la conduite générale par l'orifice *d*, placé entre les pistons *p* et *n* et du côté de la convexité de leurs garnitures, se rend au réservoir auxiliaire. Le système *p*, *q*, *f* reste soulevé par la pression qui s'exerce sur la face inférieure de *q*, ce qui empêche *f* d'obturer l'échappement ; le cylindre à freins communique alors avec l'air extérieur.

Le système *m*, *n*, *a* est également maintenu dans la position qui fait appliquer sur son siège le clapet *a*, par suite de la pression exercée sur celui-ci.

37. — *Serrage.* — Lorsque la pression descend brusquement dans la conduite générale, l'air du réservoir auxiliaire fait appli-

quer les garnitures des pistons p et n. Le système p, q, f est ramené et maintenu dans la position qui ferme la communication entre le cylindre à freins et l'air extérieur. Quant au système m, n, a, il est soulevé de façon à découvrir le passage qui mène du réservoir auxiliaire au cylindre à freins par l. Le clapet a retombe sur son siège dès que la pression sur le piston m équilibre la résultante des pressions auxquelles se trouvent soumis le piston n et le clapet a.

Soient :

S_n, la surface du piston n ;

S_m, la surface du piston m ;

z, la pression de l'air dans la conduite générale;

y, la pression dans le cylindre à freins;

x, la pression dans le réservoir auxiliaire.

La valeur y de la pression sur le piston du cylindre à freins sera approximativement, en négligeant les pressions sur a, la suivante :

$$y = \frac{S_n}{S_m}(x - z).$$

Dans le cas où on aurait

$$\frac{S_n}{S_m} > 1$$

la pression y serait plus grande que la différence entre la pression dans le réservoir auxiliaire et la pression dans la conduite générale.

On obtiendrait donc le serrage à fond, pour une perte partielle de la pression dans la conduite générale, comme dans le distributeur Westinghouse ; *mais l'appareil permettrait la modérabilité entre certaines limites qu'on peut toujours déterminer, ainsi qu'on verra plus loin.*

Dans le cas où on aurait :

$$\frac{S_n}{S_m} < 1 \quad \text{ou} \quad \frac{S_n}{S_m} = 1$$

la valeur de y croîtrait jusqu'à ce que z devînt égal à zéro. *On aurait donc un frein modérable* à la façon des freins Carpenter, Wenger ou Schleifer, et dans lequel le serrage à fond correspondrait à la perte totale de la charge de la conduite générale.

Au cas spécial où on a $\frac{S_n}{S_m} < 1$, l'appareil agit comme détendeur et fait que la pression dans le cylindre à freins ne peut jamais dépasser une fraction déterminée de la pression dans le réservoir

auxiliaire. On utilise cette propriété pour obtenir, ainsi qu'il est expliqué dans la suite, des appareils pouvant fonctionner *avec la même puissance de serrage, indifféremment par le vide ou par l'air comprimé.*

38. — *Desserrage.* — Pour produire le desserrage, le mécanicien réintroduit, ainsi qu'il a été dit, la pression normale dans la conduite générale. Alors le système p, q, f est soulevé et l'air du cylindre à freins s'échappe à l'extérieur.

Lorsqu'il y a lieu de graduer le desserrage, il suffit, ainsi qu'on le verra plus loin, d'établir les surfaces des pistons, de telle façon qu'on ait:

$$\frac{S_p}{S_f} > \frac{S_n}{S_m}$$

Dans la pratique, on fait aussi, approximativement :

$$\frac{S_n}{S_a} = \frac{S_p}{S_q}$$

et la course des systèmes est réduite à environ 3 *mm.*

a. — *Étude du Distributeur.*

39. — *Désignations employées.* — La description qui précède suffit pour faire comprendre le fonctionnement de l'appareil; mais, comme ce fonctionnement dépend des proportions qu'on donne aux différents organes du distributeur, il est très important de faire un examen plus approfondi de ce dernier.

Dans cette étude, on désigne par :

S_m, la surface du piston m;
S_n, la surface du piston n;
S_a, la surface du clapet a;
S_p, la surface du piston p;
S_q, la surface du piston q;
S_f, la surface du clapet f;
V_n, le volume du réservoir auxiliaire;
V_c, le volume du cylindre à freins;
P_a, la pression atmosphérique;
P, l'excédent, sur la pression atmosphérique, de la pression normale dans la conduite générale et dans le réservoir auxiliaire pendant la marche du train;
x, l'excédent, sur la pression atmosphérique, de la pression dans le réservoir auxiliaire, *pendant le serrage;*

y, l'excédent, sur la pression atmosphérique, de la pression dans le cylindre à freins, *pendant le serrage ;*

z, l'excédent, sur la pression atmosphérique, de la pression dans la conduite générale ; z pouvant varier entre P et *zéro*, la dépression produite dans la conduite générale est donc toujours représentée par $P - z$.

Serrage.

40. — *Équilibre du système* m, n, a. — *Pendant le serrage, et lorsque le système* m, n, a *est en équilibre,* les variables x, y et z sont reliées par les équations suivantes :

$$V_c (y + P_a) + V_n (x + P_a) = V_n (P + P_a) \qquad (15)$$

qui devient :

$$V_c y + V_n x + V_c P_a - V_n P = 0 \qquad (16)$$

et

$$(S_n - S_a) x - S_n z - (S_m - S_a) y = 0 \qquad (17)$$

cette dernière équation étant l'équation d'équilibre du système m, n, a.

Résolvant par rapport à x et y, il vient :

$$x = \frac{S_n z + (S_m - S_a)\left\{\frac{V_n}{V_c} P - P_a\right\}}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_n}{V_c}}, \qquad (18)$$

et :

$$y = \frac{V_n}{V_c}(P - x) - P_a. \qquad (19)$$

41 — *Pressions exercées sur le système* p, q, f. — Pendant le serrage, la résultante R des pressions exercées sur le système p, q, f est représentée par :

$$R = (S_p - S_q) x - S_p z - (S_f - S_q) y. \qquad (20)$$

Si, dans cette équation, on remplace x et y par leurs valeurs (18) et (19), on trouve une fonction de z :

$$R = F(z), \qquad (21)$$

fonction entière et par conséquent continue, dont la dérivée est, après réductions :

$$F'(z) = S_n \frac{S_p - S_q + (S_f - S_q)\frac{V_n}{V_c}}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_n}{V_c}} - S_p. \qquad (22)$$

La fonction F (z) sera croissante ou décroissante, selon qu'on aura F′ (z) plus grand ou plus petit que *zéro*.

42. — *Levée du clapet* a. — L'air du réservoir auxiliaire ne pourra se rendre dans le cylindre à freins *que lorsqu'on produira une dépression supérieure à celle qui fera lever le clapet* a, et qui est évidemment égale à :

$$P - z = \frac{S_a}{S_n} P \qquad (23)$$

d'où l'on tire la valeur z_0 de z,

$$z_0 = P\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right). \qquad (24)$$

43. — *Application du clapet* f. — Lorsqu'on produira une dépression dans la conduite générale, *le clapet* f *ne s'appliquera qu'autant que cette dépression sera supérieure à :*

$$P - z = \frac{S_q}{S_p} P. \qquad (25)$$

Comme, pour produire le serrage dans de bonnes conditions, il faut que f soit appliqué dès que a est soulevé, cette condition sera remplie si l'on fait :

$$\frac{S_q}{S_p} < \frac{S_a}{S_n}. \qquad (26)$$

Dans la pratique, on fait, ainsi qu'il a été déjà dit, à très peu près :

$$\frac{S_q}{S_p} = \frac{S_a}{S_n}$$

44 — *Valeur de la pression dans le cylindre à freins.* — Résolvant l'équation (17), par rapport à y on obtient :

$$y = \frac{(S_n - S_a)x - S_n z}{S_m - S_a} = \varphi(z) \qquad (27)$$

Comme $S_n - S_a$ est, par définition, toujours positif, il suffit d'examiner les trois cas suivants :

1er Cas : $S_m - S_a > 0$,
2e Cas : $S_m - S_a < 0$,
3e Cas : $S_m - S_a = 0$,

en ne perdant pas de vue que les valeurs de y *ne peuvent correspondre à la pression dans le cylindre à freins qu'autant qu'elles sont positives et inférieures à celle que donne l'équation* (16), *lorsqu'on y fait* $y = x$, *et qui est alors :*

$$y = \frac{V_R P - V_c P_a}{V_c + V_R}. \qquad (28)$$

Cette valeur de y est identique à celle de x_0 donnée par l'équation (12).

45 — 1er Cas : $S_m - S_a > 0$. — La dérivée de $\varphi(z)$ est :

$$\varphi'(z) = \frac{\dfrac{S_n - S_a}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\dfrac{V_R}{V_c}} - 1}{S_m - S_a}. \qquad (29)$$

$\varphi'(z)$ est plus petit que *zéro*, puisque $S_m - S_a$ est toujours positif et que le numérateur est évidemment toujours négatif. Donc, la valeur de $\varphi(z)$ augmente lorsque z diminue.

Comme la pression dans la conduite générale ne peut jamais descendre au-dessous de la pression atmosphérique, puisque, par la manœuvre, on se contente de lâcher l'air comprimé à l'extérieur, il s'ensuit qu'en faisant, dans (27), $z = 0$, on obtient pour y *une valeur égale ou supérieure à celle qui correspond à la pression réelle de l'air dans le cylindre à freins*. La valeur ainsi obtenue est :

$$y_m = \frac{S_n - S_a}{S_m - S_a} x. \qquad (30)$$

Selon que $\dfrac{S_n - S_a}{S_m - S_a}$ est *plus petit que* 1, ou *égal à* 1, ou *plus grand que* 1, l'équation (30) fournit pour y_m une valeur *inférieure* ou *égale* ou *supérieure* à celle de x. Lorsqu'on obtient $y_m > x$, y_m *ne peut être la valeur qui exprime la pression dans le cylindre à freins.*

Lorsqu'on a :

$$\frac{S_n - S_a}{S_m - S_a} < 1,$$

qui correspond à :

$$S_n < S_m,$$

l'appareil agit comme détendeur, et, pour obtenir le serrage à fond, il faut perdre tout l'air de la conduite générale.

Avec $\dfrac{S_n - S_a}{S_m - S_a} = 1$ ou $S_n = S_m$, y *est égal à* x *lorsqu'on fait* $z = 0$.

Le serrage à fond correspond encore à $z = 0$; *pour le produire, il faut également perdre tout l'air de la conduite générale.*

Dans le cas où on a $\frac{S_n - S_a}{S_m - S_a} > 1$ $S_n > S_m$, on trouve pour y_m, ainsi qu'il a été dit, une valeur supérieure à celle de x. Cette valeur de y est, en effet, celle qui correspondrait à l'équilibre du système m, n, a dans le cas où x et y ne seraient point liées entre elles par d'autres conditions que celles qu'exprime le système des équations (16) et (17). Mais, comme on doit remplir, en outre, la condition :

$$y \leqq x$$

il s'ensuit que *l'équilibre est rompu lorsqu'on attribue à* z *des valeurs inférieures à une valeur limite* $z_1 > 0$. *Alors, la résultante des pressions exercées sur le système* m, n, a, *qui était nulle pour les valeurs de* z *comprises entre* z_0 *et* z_1, *a une valeur différente de zéro et qui augmente à mesure que* z *diminue de* z_1 *à zéro*; le clapet a restant alors soulevé, le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins demeurent vases communiquants et sont tous les deux soumis à la même pression, dont la valeur est donnée par y de l'équation (28).

En d'autres termes, *il y aura serrage à fond pour une dépression partielle produite dans la conduite générale.*

Pour trouver l'expression de la valeur du rapport $\frac{S_m}{S_n}$ en fonction de la valeur z_1 à attribuer à z pour obtenir le serrage à fond, il n'y a qu'à remplacer dans l'équation (27) z par z_1 et $x = y$ par

$$\frac{PV_R - P_a V_c}{V_R + V_c}.$$

ce qui donne après réductions :

$$\frac{S_m}{S_n} = 1 - z_1 \frac{V_R + V_c}{PV_R - P_a V_c}. \qquad (31)$$

De cette relation, on tire aussi, en fonction de $\frac{S_m}{S_n}$:

$$z_1 = \left(1 - \frac{S_m}{S_n}\right) \frac{PV_R - P_a V_c}{V_R + V_c} \qquad (32)$$

46. — 2e Cas : $S_m - S_a < 0$. — Dans ce cas, il faudrait, pour qu'il puisse y avoir équilibre, que y fût négatif dès qu'il cesse d'être égal à zéro, c'est-à-dire *qu'il n'y aura plus d'équilibre possible pour le*

système m, n, a, *dès qu'une pression quelconque aura pu s'exercer au-dessous de* a. *Une fois que ce clapet aura été soulevé par la production d'une dépression supérieure à :*

$$P - z = \frac{S_a}{S_n} P,$$

il restera soulevé lorsqu'on réduira z, *et le cylindre à freins restera en communication permanente avec le réservoir auxiliaire. Le serrage à fond sera donc produit pour toute valeur de* z *qui fera soulever le clapet.*

47. — 3e Cas : $S_m - S_a = 0$. — Le système d'équations (16 et 17) devient alors :

$$V_c\, y + V_R\, x + V_c\, P_a - V_R\, P = 0$$
$$(S_n - S_a)\, x - S_n\, z = 0,$$

d'où on tire, pour la valeur de z_1 :

$$z_1 = \left(1 - \frac{S_a = S_m}{S_n}\right) \frac{PV_R - P_a\, V_c}{V_R + V_c}. \qquad (33)$$

expression qui rentre dans le cas de l'équation (32).

48. — *Modérabilité.* — En résumé :

Lorsque le serrage à fond correspond à une valeur de z, $z_1 > 0$, le cylindre à freins et le réservoir auxiliaire restent en communication pour toute valeur de z plus petite que z_1, à la seule condition que le cylindre à freins ne communique pas avec l'air extérieur, c'est-à-dire à la seule condition que le clapet *f* reste appliqué.

Pour toute valeur de z supérieure à z_0 (éq. 24), laquelle corres pond à la levée du clapet *a*, le cylindre à freins n'étant soumis à aucune pression, et la pression dans le réservoir auxiliaire étant alors sensiblement égale à P, la résultante des pressions exercées sur *m*, *n*, *a*, forcera le clapet *a* à rester appliqué sur son siège.

En d'autres termes : lorsque le cylindre à freins ne communique pas avec l'extérieur, *le système* m, n, a, *sera en équilibre pour toutes les valeurs de* z *comprises entre* z_0 et z_1 : *l'équilibre sera détruit pour toute valeur de* z, *supérieure à* z_0 *ou inférieure à* z_1.

La modérabilité, pour produire le serrage, sera d'autant plus facile à obtenir que la différence :

$$M' = z_0 - z_1$$

sera plus grande.

Dans les cas où on a :

$$\frac{S_n - S_a}{S_m - S_a} \leqslant 1,$$

il vient :

$$M' = z_0.$$

Lorsque $\frac{S_n - S_a}{S_m - S_a}$ est plus grand que 1, il vient :

$$M' = P\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right) - \left(1 - \frac{S_m}{S_n}\right)\frac{PV_R - P_a V_c}{V_R + V_c}. \qquad (36)$$

M′ serait négatif ou égal à zéro, pour $S_m = S_a$ et pour $S_m < S_a$.

Remarque. — Il ne faut point perdre de vue *que ces valeurs* M′ *sont établies pour des cas où la valeur qui a été désignée par* p *dans le* § 30 *pourrait être négligée, ce qui n'est point exact dans la pratique.* Si donc, dans les équations (16) et (17), on fait $y = p$, on obtient pour z une valeur z_p qui correspond à une pression dans le cylindre à freins qui amènera les sabots en contact avec les bandages des roues, en sorte que la modérabilité réelle M pourra être désignée par la valeur pratique :

$$M = z_p - z_1, \qquad (37)$$

qu'il sera toujours facile de calculer dans chaque cas particulier.

49. — *Conditions à remplir relativement à la valeur de la résultante* R *des pressions exercées sur le système* p, q, f. — Si on fait :

$$S_n = \lambda S_p \qquad (38)$$

on a, comme conséquence :

$$\frac{S_n}{S_p} = \lambda; \frac{S_p}{S_n} = \frac{1}{\lambda} \quad \text{et :} \quad \frac{S_a}{S_q} = \lambda; \frac{S_q}{S_a} = \frac{1}{\lambda},$$

puisqu'on peut admettre l'égalité :

$$\frac{S_a}{S_n} = \frac{S_q}{S_p}.$$

Si on remplace dans l'équation (22) S_p et S_q par les valeurs ci-dessus, il vient, après réductions :

$$F'(z) = \frac{S_n V_R}{V_c} \times \frac{S_f - \frac{S_m}{\lambda}}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_R}{V_c}}. \qquad (39)$$

Comme la résultante :

$$R = F(z)$$

qui est nulle pour $z = z_o$, doit croître à mesure que z décroît, c'est-à-dire à mesure que la dépression augmente, afin d'assurer pendant le serrage la fermeture de la communication entre le cylindre à freins et l'extérieur, il faut qu'on ait :

$$F'(z) < 0. \tag{40}$$

Or, si on considère que le facteur $\frac{S_n V_R}{V_c}$ ne peut avoir aucune influence sur le signe de la valeur de $F'(z)$, il s'ensuit que, pour que la condition (40) soit remplie, *il faut et il suffit qu'on ait :*

$$\frac{S_f - \frac{S_m}{\lambda}}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_R}{V_c}} < 0 \tag{41}$$

inégalité qui sera évidemment satisfaite par :

$$S_f - \frac{S_m}{\lambda} < 0 \tag{42}$$

lorsque S_m *est égal à* S_a *ou est plus grand que lui.*

Dans le cas, sans intérêt, à considérer, où on aurait $S_m - S_a < 0$, la condition (41) deviendrait :

$$S_f < \frac{S_n - (S_a - S_m)\left(1 + \frac{V_R}{V_c}\right)}{\lambda}. \tag{43}$$

Comme conséquence de l'inégalité (42) il vient :

$$\frac{S_n}{S_m} < \frac{S_p}{S_f} \quad \text{et :} \quad \frac{S_a}{S_m} < \frac{S_q}{S_f}.$$

Finalement, en remplaçant dans l'équation (20), S_p et S_q par respectivement $\frac{S_n}{\lambda}$ et $\frac{S_a}{\lambda}$, on obtient :

$$\lambda R = (S_n - S_a)\, x - S_n z - \lambda (S_f - S_a) y.$$

Retranchant du deuxième membre de cette égalité le premier membre, égal à zéro, de l'équation (17), il vient, après réductions :

$$R = \left(\frac{S_m}{\lambda} - S_f\right) y. \tag{44}$$

Desserrage.

50. — *Conditions dans lesquelles se fait le desserrage.* — Lorsque, après avoir produit le serrage à un degré quelconque, on veut effectuer le desserrage, il faut augmenter la pression dans la conduite générale, c'est-à-dire la valeur de z, d'une certaine quantité.

Il faut évidemment que, lorsque z augmente, le clapet f se lève pour laisser échapper l'air du cylindre à freins, mais seulement après que le clapet a est appliqué.

Il faut donc que, pendant le desserrage, la pression x_a, *dans le réservoir auxiliaire, reste constante jusqu'au moment où* z *devient égal à* x_a.

Or, à un accroissement infiniment petit, Δz de z, correspond une force :

$$\Delta z \, S_n$$

qui s'exerce de haut en bas sur le système m, n, a, tandis qu'il résulte de la diminution correspondante Δy, une force sollicitant m, n, a, en sens opposé, c'est-à-dire de bas en haut, et égale à :

$$\Delta y \, (S_m - S_a).$$

Pour que a puisse toujours être appliqué lorsqu'on commence le desserrage, il faudra donc qu'on ait, pendant toute sa durée :

$$\Delta z \, S_n - \Delta y \, (S_m - S_a) > 0,$$

d'où on tire :

$$\frac{\Delta y}{\Delta z} < \frac{S_n}{S_m - S_a}.$$

et, comme, à la limite, $\frac{\Delta y}{\Delta z}$ est la dérivée de y par rapport à z, la condition à satisfaire sera :

$$y' < \frac{S_n}{S_m - S_a}. \qquad (45)$$

51. — *Variation de la valeur de* y *pendant le desserrage.* — Pendant le desserrage, la valeur de y est déterminée par le fonctionnement du système p, q, f.

Si on désigne par x_a et y_a les valeurs respectives de x et y, au moment du serrage, à un degré quelconque, la résultante correspondante R_a aura pour expression :

$$R_a = (S_p - S_q) \, x_a - (S_f - S_q) \, y_a - S_p z_a. \qquad (46)$$

Le desserrage ne pourra commencer qu'autant qu'on donnera à z une *valeur supérieure à la limite* $z = z_{a'}$ *qui fera* $R = 0$, et qui sera, en conséquence :

$$z_{a'} = \frac{(S_p - S_q)\, x_a - (S_f - S_q)\, y_a}{S_p} \tag{47}$$

Comme, pendant toute la durée du desserrage, le système p, q, f devra rester en équilibre, y doit varier, en même temps que z, à partir du moment où z est égal à z_a, jusqu'à ce que le desserrage soit complet, de telle sorte qu'on ait :

$$(S_p - S_q)\, x_a - (S_f - S_q)\, y - S_p\, z = 0 \tag{48}$$

d'où vient :

$$y = \frac{(S_p - S_q)\, x_a - S_p\, z}{S_f - S_q}, \tag{49}$$

dont la dérivée par rapport à z est :

$$y' = \frac{-S_p}{S_f - S_q}. \tag{50}$$

52. — *Valeur de la pression dans la conduite qui correspond au desserrage.* — La valeur de y devient égale à zéro, lorsqu'on a $S_f - S_q > 0$, pour :

$$(S_p - S_q)\, x_a - S_p\, z = 0,$$

c'est-à-dire :

$$z = \frac{S_p - S_q}{S_p}\, x_a = z_d. \tag{51}$$

Donc, le desserrage commençant lorsque $z = z_{a'}$ est complet pour $z = z_d$, en sorte que l'étendue de la graduation du desserrage est représentée par :

$$z_d - z_{a'} = \frac{S_f - S_q}{S_p}\, y_a, \tag{52}$$

et est d'autant plus grande que S_f est plus grand.

53. — *Conditions requises pour assurer le desserrage.* — Lorsqu'on remplace dans (45) y' par sa valeur tirée de (50), il vient, comme condition à remplir :

$$\frac{S_p}{S_f - S_q} > \frac{S_n}{S_m - S_a}.$$

qui devient, lorsqu'on y fait :

$$S_p = \frac{S_n}{\lambda} \text{ et : } S_q = \frac{S_a}{\lambda},$$

$$S_n > \lambda S_n \frac{S_f - \frac{S_a}{\lambda}}{S_m - S_a}. \qquad (53)$$

Dans *le cas de* $S_m - S_a > 0$, cette condition sera toujours satisfaite, car, puisque S_f est toujours plus petit que $\frac{S_m}{\lambda}$ (*voir* § 49) le facteur :

$$\lambda \frac{S_f - \frac{S_a}{\lambda}}{S_m - S_a},$$

est toujours plus petit que 1.

54. — *Remarque.* — *Dans le cas où l'on a* $S_m - S_a = 0$, l'inégalité (53) est encore satisfaite, à la seule condition d'y faire $S_m > \frac{S_f}{\lambda}$, car alors elle prendra la forme :

$$S_n > \lambda S_n \frac{S_f - \frac{S_a}{\lambda}}{0}$$

dans laquelle S_n est plus grand que zéro, et $S_f - \frac{S_a}{\lambda}$ est plus petit que zéro, puisque $S_f < \frac{S_m}{\lambda} = \frac{S_a}{\lambda}$. On aura donc :

$$S_n > -\infty$$

ou :

$$S_n < \infty.$$

Lorsqu'on a $S_m - S_a < 0$, le numérateur $S_f - \frac{S_a}{\lambda}$ serait aussi plus petit que zéro et plus petit que $S_m - S_a$; donc, dans ce troisième cas, toujours à condition qu'on ait : $S_f < \frac{S_m}{\lambda}$, la condition (53) restera satisfaite.

Résumé.

55. — De ce qui précède, il résulte que :

1° Dans tous les cas, la mise en action des appareils pour produire le *serrage* dépend du rapport $\frac{S_a}{S_n}$ P, qui peut être établi de la façon qui sera jugée la plus avantageuse;

2° Afin que l'air ne puisse pas passer du réservoir auxiliaire dans le cylindre à freins avant que la communication entre celui-ci et l'extérieur ait été fermée, il faut que $\frac{S_q}{S_p}$ soit au plus égal à $\frac{S_a}{S_n}$. Dans la pratique, on peut faire, $\frac{S_q}{S_p} = \frac{S_a}{S_n}$, car ce rapport étant à peu près égal à $\frac{1}{9}$, comme il faut, pour obtenir même un serrage très modéré, réduire P de plus d'un quart de sa valeur, le clapet f sera toujours appliqué avant que a soit levé.

Les poids des pistons sont négligeables, et quant aux frottements, ils sont à peu près égaux, pour la mise en marche, dans les deux systèmes m, n, a et p, q, f;

3° Le *serrage à fond* ne sera obtenu que par la perte totale de la charge, toutes les fois que S_m sera plus grand que S_n ou bien qu'il lui sera égal.

L'expression de la *valeur maxima* de la pression dans le cylindre à freins, *pour le cas de* $S_m > S_n$, est obtenue en faisant, dans les équations (16) et (17), $z = 0$, et résolvant; ce qui donne après réductions :

$$y_m = \frac{\frac{V_R}{V_c} P - P_a}{1 + \frac{S_m - S_a}{S_n - S_a} \frac{V_R}{V_c}}. \qquad (54)$$

Lorsque S_m *est égal à* S_n *ou bien est plus petit que lui*, la pression correspondant au serrage à fond est la même que celle du réservoir auxiliaire et a pour expression la valeur donnée par l'équation (28):

$$x_0 = y_m = \frac{V_R P - V_c P_a}{V_R + V_c}.$$

4° Quand S_m est plus petit que S_n, tout en étant plus grand que S_a, *le serrage pourra être gradué, en pratique, pour toutes les valeurs de* z *comprises entre les valeurs limites* z_1 *et* z_p *(équation* (37). Les

relations (31) et (32) permettent de calculer la valeur du rapport $\frac{S_m}{S_n}$ en fonction de z_1 et la valeur de z_1 en fonction de $\frac{S_m}{S_n}$. La valeur de z_p obtenue de la manière indiquée dans la remarque du § 48, est, après réductions, dans tous les cas, égale à :

$$z_p = \frac{(S_n - S_a)\left(P - \frac{P_a + p}{V_a} V_c\right) - (S_m - S_a)\, p}{S_n} \qquad (55)$$

5° Avant de pouvoir commencer le *desserrage, il faudra* toujours élever z à une valeur $z_{a'}$ donnée par l'équation (47), valeur qui sera toujours plus élevée que celle de z_a correspondant au serrage pour lequel on a $x = x_a$ et $y = y_a$, et qui a pour expression :

$$z_a = \frac{(S_n - S_a)\, x_a - (S_m - S_a)\, y_a}{S_n}. \qquad (56)$$

Lorsqu'on retranche, membre à membre, l'équation (56) de l'équation (47), il vient après réduction :

$$z_{a'} - z_a = \frac{S_m - \lambda S_f}{S_n} y_a. \qquad (57)$$

6° *Pour que le desserrage puisse commencer sans que l'air s'échappe du réservoir auxiliaire, et pour que, pendant le serrage, le clapet* f *reste toujours appliqué, il faut et il suffit, toutes les fois que* S_m *est égal à* S_a *ou est plus grand que lui, qu'on ait* :

$$\lambda S_f < S_m.$$

Dans les cas très rares en pratique où on aurait $S_m < S_a$, la condition exprimée par l'inégalité (43) devrait être satisfaite, et le serait presque toujours en faisant également :

$$\lambda S_f < S_m.$$

7° *Le desserrage pourra être gradué entre des limites qui sont d'autant plus éloignées que* S_f *est plus grand et dont l'écart est exprimé par l'équation* (52) *qui est* :

$$z_d - z_{a'} = \frac{S_f - S_q}{S_p} y_a.$$

8° On peut donner à λ, telle valeur qui conviendra. Le plus souvent on fait $\lambda = 1$, mais il y a des cas où on trouve avantageux de faire λ différent de 1, notamment lorsque S_m est plus grand que S_n.

56. — *Valeurs de x et de y en tenant compte de l'espace nuisible du cylindre à freins.* — Dans l'établissement de l'équation (16). il n'a été tenu aucun compte de l'espace nuisible compris entre le clapet *a* et le piston du cylindre à freins, avant que ce piston se mette en mouvement. Si on désigne par V_e le volume de cet espace nuisible, l'équation (16) devrait rigoureusement être remplacée par la suivante :

$$(V_e + V_c)\, y + V_R\, x + V_c\, P_a - V_R\, P = 0,$$

laquelle, combinée avec l'équation (17), donne les valeurs suivantes pour x et y :

$$x = \frac{S_n\, z + (S_m - S_a)\,\dfrac{V_R\, P - V_c\, P_a}{V_e + V_c}}{(S_n - S_a) + (S_m - S_a)\,\dfrac{V_R}{V_e + V_c}}, \qquad (56)$$

et :

$$y = \frac{V_R\,(P - x) - V_c\, P_a}{V_e + V_c}. \qquad (57)$$

L'erreur commise en négligeant l'espace nuisible V_e n'a, dans la pratique, aucune influence sensible sur les résultats.

57. — *Variations des valeurs de* x *et* y *pendant le mouvement du piston dans le cylindre à freins.* — Il est important de ne point perdre de vue que les équations (16) et (17) *ne sont applicables qu'autant que le piston du cylindre à freins a amené les sabots en contact avec les bandages des roues, et que le système* m, n, a *est en état d'équilibre.* Il est donc utile de se rendre compte de ce qui se passe entre le moment où se produit dans la conduite générale une dépression suffisante pour faire soulever le clapet *a* et celui où le piston du cylindre à freins a amené le sabot en contact avec le bandage de la roue.

En premier lieu, lorsque *a* est soulevé, l'air du réservoir pénètre dans l'espace nuisible et s'y établit à une pression dont la valeur *u* peut être calculée au moyen des équations :

$$V_e\, u + V_R\, x = P\, V_R$$

et :

$$(S_n - S_a)\, x - S_n\, z - (S_m - S_a)\, u = 0,$$

d'où on tire x et u en fonction de z :

$$u = \frac{V_R}{V_e}(P - x),$$

et :

$$x = \frac{S_n z + (S_m - S_a)\frac{V_R}{V_e} P}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_R}{V_e}}.$$

La valeur de u *ne pourra jamais être supérieure à celle de la pression* p, définie au § 30.

Puis, la dépression continuant à augmenter, le piston du cylindre à freins commence à se mouvoir et fait sa course en amenant les sabots des freins en contact avec les bandages des roues, mais sans produire aucun serrage. La valeur de y est alors p, tandis que la valeur de z est z_p donnée par l'équation (55).

Enfin, si on continue à réduire la pression z dans la conduite générale, la valeur de y devient supérieure à p et finit par être maxima lorsque z est réduit à z_1.

58. — *Influence du travail sur les valeurs de* x *et de* y. — Le travail dépensé pour faire mouvoir le piston du cylindre à freins jusqu'au point qui détermine le contact des sabots de freins avec les roues, a pour expression :

$$\mathfrak{T} = V_c\, p,$$

représenté par une perte de pression. L'écoulement de l'air se rendant du réservoir auxiliaire dans le cylindre à freins cause encore une nouvelle réduction de pression. Il y aurait donc, pour être rigoureusement dans la vérité, à faire subir, dans les calculs, une réduction dans la valeur de P. Mais, outre que la réduction en question serait insignifiante, dans la pratique, la température de l'air comprimé dans les réservoirs auxiliaires et dans les cylindres à freins reste sensiblement la même que celle de l'air atmosphérique ambiant.

b. — APPLICATION DES FORMULES POUR L'ÉTABLISSEMENT DE DIVERS TYPES DE NOUVEAUX DISTRIBUTEURS

Appareils modérables.

59.— *Distributeur modèle n° 1.*— Ce distributeur *est établi en vue de remplacer le distributeur dit « triple valve » dans les appareils Westinghouse*, et l'action pourra alors en être graduée à volonté entre certaines limites.

Les données sont les suivantes :

$V_R = 25\ l$;

$V_c = 4\ l$;

$\frac{V_R}{V_c} = 6{,}25$;

$P = 4\ kg$;

$P = 0{,}3\ kg$;

$S_n = 26{,}42\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 58 *mm*;

$S_a = 3{,}30\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 20,5 *mm*;

$S_p = 31{,}17\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 63 *mm*;

$S_q = 3{,}63$, correspondant à un diamètre de 21,5 *mm*.

Serrage. — Les limites les plus éloignées entre lesquelles l'appareil pourrait être gradué pour produire le serrage seraient évidemment celles qu'on obtiendrait en faisant à la fois $z_1 = o$ et $z_p = z_0$. La première condition est bien remplie lorsqu'on fait $S_m = S_n$, mais la seconde ne peut être remplie en même temps. En effet, si on égale les deuxièmes membres des équations (24) et (55) on obtient des résultats impossibles.

Si, d'un autre côté, on considère qu'en faisant :

$$z_1 = 0,$$

l'écoulement de l'air à l'extérieur serait très lent lorsque z s'approcherait de zéro on est amené à faire z_1 un peu plus grand que zéro, et à se donner, par exemple :

$$z_1 = 0{,}59\ kg,$$

ce qui conduit, au moyen de l'équation (31) à :

$$\frac{S_m}{S_n} = 1 - 0{,}59\ \frac{29}{4 \times 25 - 4} = 0{,}82,$$

et, au moyen de l'équation (55), à :

$$z_p = 3{,}10.$$

L'action du frein pourra donc être graduée entre les limites de:

$$z_p = 3{,}10 \text{ et } z_1 = 0{,}6,$$

donnant une *étendue de 2,50 kg à la modérabilité de l'appareil.*

En effectuant les calculs, on obtient:

$S_m = 21{,}64\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 52,5 *mm.*

Négligeant la valeur de l'espace nuisible, comme du reste on l'a déjà fait, en employant les équations (31) et (55), et faisant usage des équations (18) et (19) on peut calculer les diverses valeurs de x et de y, lorsqu'on fait varier z entre ses limites z_p et z_1.

Introduisant les données du problème et les résultats déjà obtenus, ces équations (18 et 19) deviennent:

$$x = 0{,}19\,z + 3{,}19,$$
$$y = 24 - 6{,}25\,x,$$

au moyen desquelles on obtient:

Pour	$z = 3{,}10$	$x = 3{,}77$	$y = 0{,}44$
—	$z = 3$	$x = 3{,}76$	$y = 0{,}50$
—	$z = 2{,}5$	$x = 3{,}66$	$y = 1{,}13$
—	$z = 2$	$x = 3{,}57$	$y = 1{,}69$
—	$z = 1{,}5$	$x = 3{,}47$	$y = 2{,}32$
—	$z = 1$	$x = 3{,}38$	$y = 2{,}88$
—	$z = 0{,}6$	$x = 3{,}30$	$y = 3{,}30$

Desserrage. — Puisque l'indéterminée λ du paragraphe 49 est ici égale à 0,84, la résultante qui maintiendra f appliqué sur son siège aura pour expression:

$$R = \left(\frac{S_m}{\lambda} - S_f\right) y,$$

et variera entre $\left(\frac{S_m}{\lambda} - S_f\right) \times 0{,}44\ kg$ et $\left(\frac{S_m}{\lambda} - S_f\right) \times 3{,}3\ kg$, selon que z variera de z_p à z_1.

Si on pose $\frac{S_m}{\lambda} - S_f = 10\ cm^2$, la valeur de R variera de 4,4 à 33 *kg.*

En pratique, on ne perdra jamais moins de 1 *kg* dans la conduite générale; en sorte qu'en réalité la valeur minima de R sera égale à:

$$10 \times 0{,}5 = 5\ kg,$$

valeur bien suffisante pour assurer la fermeture de f.

Si on donne à f un diamètre égal à 44 *mm*, correspondant à $S_f = 15{,}20\ cm^2$, ce minimum est porté à :

$$10{,}56 \times 0{,}5 = 5{,}28\ kg.$$

Portant dans l'équation (49) les différentes valeurs de S_p, S_q, S_f, et y faisant x_a égal à la valeur correspondant au serrage à fond, on obtient l'équation :

$$y = 7{,}85 - 2{,}69\ z.$$

Le desserrage commencera donc lorsque y sera égal à $x_a = 3{,}3$, ce qui donne une valeur :

$$z = 1{,}69.$$

60.—*Distributeur modèle n° 2.*—Ce modèle (fig. 9 *bis*) peut être employé avec un vase à diaphragme, dans lequel la pression à admettre ne doit, en aucun cas, dépasser 0,9 *kg* par centimètre carré.

L'ensemble est représenté par la fig. 9, dans laquelle le distributeur, le vase à diaphragme et le réservoir auxiliaire sont réunis.

On a comme données :

$V_a = 30\ l.$

$V_c = 15\ l$, et

$$P = 4\ kg.$$

Reportant ces valeurs dans l'équation (19) et y faisant $y = 0{,}9$, il vient pour la valeur minima de x :

$$x = 3{,}05.$$

Ces valeurs $y = 0{,}9$ et $x = 3{,}05$, portées dans l'équation (30), donnent, après réductions :

$$S_m = 3{,}38\ S_n - 2{,}38\ S_a.$$

Afin de réduire le diamètre de f sans qu'on soit obligé d'abaisser celui de q au-dessous de 20 *mm* qui est, en pratique, le minimum qu'on peut adopter, il faut augmenter, autant que possible, le rapport $\frac{S_a}{S_n}$. Ici, on le fait égal à 0,18, ce qui donne pour S_m la valeur :

$$S_m = 2{,}96\ S_n.$$

Si on fait :

$S_a = 18{,}09\ cm^2$, on aura :

$S_a = 3{,}30\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 20,5 *mm*.

$S_m = 53{,}54\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 82,5 *mm*.

(Afin de mieux assurer l'étanchéité pendant le serrage, on peut remplacer, dans ce modèle, le piston m par un diaphragme.)

Serrage. — En faisant usage des équations (18) et (19), pour calculer les valeurs de x et de y, on obtient :

$$x = 0{,}157\, z + 3{,}05$$

$$y = 7 - 2\,x$$

Effectuant les calculs et faisant varier z entre 3 et 0, on obtient le tableau suivant :

Pour	$z = 2{,}90$	on a :	$x = 3{,}50$	et :	$y = 0$
—	$z = 2{,}5$	—	$x = 3{,}44$	—	$y = 0{,}12$
—	$z = 2$	—	$x = 3{,}36$	—	$y = 0{,}28$
—	$z = 1{,}5$	—	$x = 3{,}28$	—	$y = 0{,}44$
—	$z = 1$	—	$x = 3{,}20$	—	$y = 0{,}60$
—	$z = 0{,}5$	—	$x = 3{,}12$	—	$y = 0{,}76$
—	$z = 0$	—	$x = 3{,}05$	—	$y = 0{,}9$

Desserrage. — Le serrage commençant lorsque $y = 0{,}12$, il en résulte qu'alors la force R qui maintiendra le clapet f appliqué, aura pour valeur à ce moment :

$$R = \frac{(S_m - \lambda\, S_f)}{\lambda} 0{,}12.$$

Si on veut que cette valeur minima soit égale à 2 *kg* et si, de plus, on donne à f un diamètre égal à 80 *mm* correspondant à 50,26 *cm²* de surface, l'équation précédente donnera pour λ, la valeur :

$$\lambda = \frac{S_m \times 0{,}12}{2 + 50{,}26 \times 0{,}12} = 0{,}79.$$

On a donc :

$$S_p = \frac{S_n}{\lambda} = 22{,}89\, cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 54 *mm.*

Et :

$$S_q = \frac{S_a}{\lambda} = 4{,}17\, cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 23 *mm.*

En portant ces diverses valeurs numériques dans l'équation (49), celle-ci devient :

$$y = 0{,}1\, x_a - 0{,}49\, z.$$

Le desserrage commencera dès qu'il y aura équilibre du système p, q, f, pour $y = 0{,}9$. Si on remplace dans l'équation précédente y par 0,9, on obtient donc :

$$z = 0{,}6$$

comme valeur de z pour laquelle commencera le desserrage.

II. — APPAREILS DONT L'ACTION PEUT ÊTRE GRADUÉE, ET QUI SONT APPLICABLES AUX FREINS DANS LESQUELS LE SERRAGE RÉSULTE DE L'ÉCHAPPEMENT DE L'AIR COMPRIMÉ QUI ÉTAIT CONTENU DANS LE CYLINDRE A FREINS. — TRANSFORMATION DES FREINS CARPENTER, SCHLEIFER ET WENGER, POUR EN ACTIVER LE SERRAGE ET AUGMENTER L'ÉTENDUE DE LEUR MODÉRABILITÉ.

61. — *Description des appareils.* — On a vu, § 31, que, pour obtenir un commencement de serrage avec les appareils Carpenter, Wenger ou Schleifer, il faut perdre une quantité considérable de la charge de la conduite générale.

En employant le distributeur représenté en section par les figures 11 et 12 (la section figure 11 étant faite suivant un plan perpendiculaire à celui de la section représentée figure 12), on peut remédier à ce grave défaut ; on obtient alors, dans la chambre antérieure du cylindre à freins, une dépression plus grande que celle qui est produite dans la conduite générale.

Ce distributeur se place, ainsi que le fait voir la figure 10, entre la chambre antérieure du cylindre à freins avec laquelle il communique par F et la conduite générale dont le branchement arrive en C. Il contient deux systèmes mobiles, le système *p*, *q* et le système *m*, *n*, *a*, *a'*, dans lequel *m* est toujours plus grand que *n*. Les pistons *m*, *a'*, *n* et *p* sont munis de cuirs emboutis ; *q* est un piston avec segment et formant clapet à deux sièges.

Dans le clapet *a*, on a pratiqué des rainures *i i* qui laissent pénétrer l'air dans l'espace compris entre lui et le piston *m*. Une garniture flexible *c c* s'oppose au retour de cet air dans l'espace au-dessus de *a*.

Un canal E E fait communiquer les orifices *o o* avec l'espace compris entre *a'* et *a* ; E' est un orifice d'échappement à l'extérieur, A et A' sont des conduits qui font communiquer la conduite générale avec les espaces au-dessous de *p* et de *n*. Les orifices *e* mettent en communication permanente l'air extérieur et la face convexe de *n*. L'espace compris entre *p* et *q* peut communiquer par M avec un petit réservoir supplémentaire, ou mieux, avec la chambre-réservoir du cylindre à freins ; dans ce dernier cas, on établit un clapet de retenue qui s'oppose à l'admission, dans la chambre-réservoir, de tout air comprimé venant de M.

62. — *Fonctionnement.* — Aussi longtemps que les freins ne sont pas appliqués, l'air comprimé qui pénètre au-dessous de *p* soulève le système *p*, *q*, et alors la communication reste établie par E E

entre la conduite générale et les deux chambres du cylindre à freins dans lesquelles la pression est sensiblement la même que dans la conduite générale, le système *m*, *n*, *a*, *a'* étant maintenu au bas de sa course.

Pour déterminer le *serrage* des freins, on produit dans la conduite générale une dépression suffisante pour amener et maintenir le système *p*, *q* au bas de sa course, et mettre ainsi les orifices *o*, *o*, en communication avec l'échappement E'. L'air contenu dans la chambre antérieure du cylindre à freins s'écoule alors à l'extérieur jusqu'à ce que la pression y soit réduite de façon que sa valeur soit sensiblement égale au produit de la pression dans la conduite générale multipliée par le rapport

$$\frac{\text{Surface de } n}{\text{Surface de } m}$$

(rapport qui est toujours, par définition, plus petit que 1) et qu'en conséquence le clapet *a* s'applique contre son siège.

Le *desserrage* est obtenu par la réintroduction, dans la conduite générale, d'une pression suffisante pour ramener et maintenir le système *p*, *q*, au haut de sa course ; la communication alors établie entre les deux chambres du cylindre à freins, au moyen du conduit E E et du conduit qui aboutit en M, au cas où cet orifice est relié à la chambre-réservoir, détermine immédiatement le desserrage.

a. — *Étude du distributeur.*

63. — Dans cette étude, on fera usage des notations déjà employées, et, de plus, on désignera par

Z, la pression dans la chambre antérieure du cylindre à freins ;

X_o, la pression, pendant le serrage, de l'air contenu dans l'espace compris entre *p* et *q*, et par

Y, la pression effective transmise à la timonerie par l'unité de surface du piston du cylindre à frein.

64. — *Pressions exercées sur le système* m, a, a', n. — Lorsque les freins ne sont pas appliqués, la résultante ρ des pressions exercées sur *m*, *a*, *a'*, *n*, a pour expression :

$$\rho = (S_m - S_n)\, P. \qquad (58)$$

Pendant le *serrage*, cette résultante devient nulle, et l'équation d'équilibre du système est:

$$(S_m - S_a)\, Z - (S_n - S_{a'})\, z = 0,$$

d'où :

$$Z = \frac{S_n - S_{a'}}{S_m - S_a} z. \qquad (59)$$

65. — *Pressions exercées sur le système* p, q. — Quand les freins ne sont pas appliqués, la résultante des pressions exercées sur le système p, q a pour expression :

$$R = S_q \times P. \qquad (60)$$

Pendant le *serrage* on a :

$$R_1 \geq (S_p - S_q) X_o - S_p z, \qquad (61)$$

valeur qui croît évidemment lorsque z décroît.

Serrage.

66. — *Condition nécessaire pour obtenir un commencement de serrage dans le cas où l'espace compris entre* p *et* q *est relié par* M *avec la chambre réservoir du cylindre à freins.* — Le système p, q commence à descendre quand la dépression $P - z_o$ est telle qu'on a :

$$S_p (P - z_o) = P S_q + F_o. \qquad (62)$$

F_o désignant les résistances dues au frottement. De cette relation on tire :

$$z_o = P \left(1 - \frac{S_q}{S_p}\right) - \frac{F_o}{S_p} \qquad (63)$$

et :

$$S_q = S_p \left(1 - \frac{z_o}{P}\right) - \frac{F_o}{P}. \qquad (64)$$

Pendant la descente du système, le volume de l'espace compris entre p et q augmentant, la communication s'établit entre cet espace et la chambre-réservoir du cylindre à freins, où la pression est encore sensiblement égale à P ; on pourrait donc considérer que la pression dans l'espace compris entre p et q resterait elle-même égale à P pendant toute la durée du serrage, si elle n'était pas réduite par les fuites. La dépression $P - z_o$ est par conséquent suffisante pour amener et maintenir p, q au bas de sa course, d'autant plus que dans cette position du système, il n'y a qu'une portion S'_q de la surface de q qui reste soumise à la pression intérieure.

67. — *Résultante des pressions exercées sur le piston moteur.* — A

partir du moment où q est arrivé au-dessous des orifices o o, l'air de la chambre antérieure du cylindre à freins s'écoule à l'extérieur, et le piston moteur commence à se mouvoir, et lorsqu'il arrive à fond de course, la pression effective, par unité de surface est, en tout temps, égale à :

$$Y = x_o - p - \frac{S_n - S_{a'}}{S_m - S_a} z. \qquad (65)$$

68. — *Remarques.* — On peut faire l'espace compris entre p et q de volume tel que la pression s'y abaisse assez rapidement par les fuites, et devienne bientôt égale à la pression x_o, celle-ci se maintenant par la communication qui s'établit alors entre la chambre-réservoir du cylindre à freins et ledit espace. L'équation d'équilibre est dans ce cas :

$$(x_o - z_a)\, S_p = S'_q x_o - F_a$$

d'où :

$$z_a = x_o \left(1 - \frac{S'_q}{S_p}\right) + \frac{F_a}{S_p}, \qquad (66)$$

relation dans laquelle F_a représente la résultante des résistances dues aux frottements.

Lorsqu'il y a lieu de maintenir les freins appliqués pendant un temps assez long, il est donc préférable de réduire la pression de la conduite générale à une valeur inférieure à celle que fournit l'équation (66) pour z_a.

69. — *Cas où l'espace compris entre* p *et* q *ne communique pas avec la chambre-réservoir du cylindre à freins.* — Si on fait communiquer l'espace compris entre p et q avec un *réservoir supplémentaire*, la valeur de la pression x' de l'air dans ce réservoir supplémentaire s'obtient en résolvant par rapport à x' l'équation :

$$V'_R \times P = \left(V'_R + (S_p - S_q)\, h\right) x',$$

ce qui donne :

$$x' = \frac{V'_R P}{V'_R + (S_p - S_q)\, h} \qquad (67)$$

expression dans laquelle V'_R est le volume du réservoir supplémentaire (en y comprenant celui de l'espace entre p et q), et h la course de p, q.

L'équation (62) devient alors :

$$S_p (P - z_0) = x' S_q + F_0, \tag{68}$$

d'où :

$$z_0 = P - \frac{S_q x' + F_0}{S_p} \tag{69}$$

En admettant, ce qui est possible en pratique, que la valeur de la pression dans l'espace compris entre p et q demeure sensiblement égale à x', l'équation (66) devient, en y remplaçant x_0 par x' :

$$z_a = x' \left(1 - \frac{S'_q}{S_p}\right) + \frac{F_a}{S_p}. \tag{70}$$

Desserrage.

70. — *Cas où l'espace compris entre* p *et* q *communique avec la chambre-réservoir du cylindre à freins.* — Il y a deux cas à considérer, selon que le desserrage s'effectue immédiatement ou qu'il s'effectue quelque temps après la première application des freins.

Dans le *premier cas*, la pression dans l'espace compris entre p et q étant encore sensiblement égale à P, le desserrage ne se fait qu'après la réintroduction, dans la conduite générale, d'une pression z_d, telle qu'on ait :

$$S_p (P - z_d) = P S'_q - F_d .$$

d'où :

$$z_d = P \left(1 - \frac{S'_q}{S_p}\right) + \frac{F_d}{S_p}. \tag{71}$$

Dans le *second cas*, la pression dans l'espace compris entre p et q s'étant abaissée à x_0, la levée du système commencera dès qu'on aura réintroduit dans la conduite générale une pression supérieure à celle de z_a donnée par l'équation (66).

Aussitôt après la rupture de l'équilibre et la mise en marche du système p, q, la résultante qui le fait mouvoir devient :

$$R_d = P (S_q - S'_q) \tag{72}$$

ou bien :

$$R_d = x_0 (S_q - S'_q), \tag{73}$$

selon le cas. Cette résultante maintiendra le système au haut de sa course, une fois qu'il y sera arrivé. Alors, la communication s'éta-

blit entre l'espace au-dessus de p et la chambre antérieure du cylindre à freins, et y amène l'air de la chambre-réservoir; le desserrage s'effectue donc par le seul fait que la pression dans la conduite générale a été ramenée à sa valeur z_d ou z_a.

71. — *Cas où l'espace compris entre* p *et* q *communique avec un réservoir supplémentaire.* — La pression à réintroduire dans la conduite pour effectuer le desserrage sera alors :

$$z'_d = x'\left(1 - \frac{S'_q}{S_p}\right) + \frac{F_d}{S_p}. \qquad (74)$$

A partir du moment où la pression est égale à z'_d dans la conduite, la résultante des forces exercées sur p, q a une valeur qui est d'abord :

$$R'_d = x'(S_q - S_{q'}), \qquad (75)$$

pour devenir :

$$R'_{d''} = P(S_q - S_{q'}), \qquad (76)$$

quand le système atteint le sommet de sa course. Alors, la pression s'abaissant dans l'espace au-dessous de q, par suite de la communication qui s'établit avec la chambre antérieure du cylindre à freins, la résultante devient :

$$R''_{d''} = z_{d''} S_q \qquad (77)$$

et le desserrage ne s'achève que lorsque z devient égal à x_0

b. — *Application numérique.*

Distributeur modèle n° 3.

72. — *Données.* — Étant donnés : P = 4,5 *kg*,

$\frac{V_R}{V_r} = 2,5$ en moyenne et, par suite :

$x_0 = 2,9$ en moyenne,

$p = 0,3$, d'où :

$X = 2,9 - 0,3 = 2,6$.

$S_n = 31,2$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 63 *mm;*

$S_m = 60,5$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 88 *mm;*

$S_p = 38,5$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 70 *mm;*

$S_{a'} = 3,8$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 22 *mm;*

$S_a = 5,7$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 27 *mm;*

$z_0 = 3,7$ *kg;*

et l'espace compris entre p et q communiqant avec la chambre-réservoir du cylindre à freins,

Calculer les valeurs à donner aux surfaces S_q, S'_q et S_m.

73. — *Calcul de* S_q. — L'équation (64) donne :

$$S_q = 38{,}5\left(1 - \frac{3{,}7}{4{,}5}\right) - \frac{F_o}{4{,}5}.$$

Pour déterminer la valeur de F_o, on peut considérer comme suffisamment exact un diamètre de 30 *mm* pour q, et prendre 4 *mm* pour la hauteur de son segment métallique, tout en attribuant à la garniture de p une hauteur frottante de 7 *mm* et en prenant 0,15 comme coefficient de frottement. On a alors :

$$F_o = \pi(7 \times 0{,}8 + 3 \times 0{,}4 \times 4{,}5)\,0{,}15 = 2{,}7.$$

On a donc :

$$S_q = 38{,}5\left(1 - \frac{3{,}7}{4{,}5}\right) - \frac{2{,}7}{4{,}5} = 6{,}13\ cm^2$$

correspondant à un diamètre de 28 *mm*.

74. — *Calcul de* S'_q — En laissant autour du piston un espace annulaire dont la section correspondrait à celle d'un orifice circulaire de 9 *mm* de diamètre (diamètre de l'orifice E), on trouve pour le diamètre intérieur de la section annulaire 24,52 *mm*, et en donnant au siège une largeur de 2 *mm*, il en résulterait que S'_q correspondrait à la surface d'un cercle de 20,5 *mm* de diamètre et serait égal à 3,3 cm^2.

75. — *Calcul de* z_a. — L'équation (66) donne, lorsqu'on y reporte les valeurs numériques données ou calculées,

$$z_a = 2{,}9\left(1 - \frac{3{,}3}{38{,}5}\right) + \frac{F_a}{38{,}5}$$

ou mieux, car on peut négliger le terme $\frac{F_a}{38{,}5}$ dont la valeur est très faible,

$$z_a = 2{,}9\left(1 - \frac{3{,}3}{38{,}5}\right) = 2{,}71\ kg.$$

Telle est la valeur au-dessous de laquelle il faut amener la pression dans la conduite générale, si on veut obtenir un serrage assez prolongé.

76. — *Tableau comparatif des valeurs de* Y. — En établissant les valeurs de Y, correspondant à une même valeur de z, obtenues avec le distributeur nouveau et avec les appareils Carpenter, Wenger ou Schleifer, on obtient le tableau comparatif suivant :

	VALEUR DE Y avec le distributeur nouveau	VALEUR DE Y avec les freins Carpenter, Wenger et Schleifer
Pour $z = 3,7$ on a	$Y = 0,75$	$Y = 0,00$
— $z = 3$ —	$Y = 1,10$	$Y = 0,00$
— $z = 2,5$ —	$Y = 1,35$	$Y = 0,1$
— $z = 2$ —	$Y = 1,60$	$Y = 0,6$
— $z = 1,5$ —	$Y = 1,85$	$Y = 1,1$
— $z = 1$ —	$Y = 2,10$	$Y = 1,6$
— $z = 0,5$ —	$Y = 2,35$	$Y = 2,1$
— $z = 0,0$ —	$Y = 2,6$	$Y = 2,6$

III. — APPAREILS QUI DOIVENT PRODUIRE LE SERRAGE A FOND POUR UNE DÉPRESSION PARTIELLE PRODUITE DANS LA CONDUITE GÉNÉRALE ET PEUVENT FONCTIONNER A LA MANIÈRE DES FREINS WESTINGHOUSE, TOUT EN N'ENVOYANT DANS LES CYLINDRES A FREINS QUE DE L'AIR A FAIBLE PRESSION.

77. — *Description.* — Le distributeur employé dans ce cas et dont on verra l'emploi plus loin au chapitre qui traite des applications aux freins devant fonctionner indifféremment par le vide ou par l'air comprimé, est représenté par la figure 13. Il est monté sur le réservoir auxiliaire par la tubulure R, tandis qu'il communique avec la conduite générale par l'orifice C et avec le vase à freins par l'orifice A

Il se compose de deux systèmes mobiles : le système n, a, m, f. et le détendeur n' a' m'. Tous les pistons que renferme le distributeur sont munis de garnitures de cuir embouti, les surfaces convexes des pistons m, m' et n', ainsi que la face inférieure de f, étant constamment en communication avec l'air extérieur. L'air comprimé qui aurait pu pénétrer dans l'espace au-dessus du piston n' s'échappe par de petits orifices o pratiqués à cet effet dans la paroi du distributeur.

La tige qui porte les pistons n, a et m glisse dans celle du clapet f, de façon à n'entraîner celui-ci que dans la dernière portion de la course du système, tant à la montée qu'à la descente. Pendant la marche du train, le système n, a, m, f est maintenu au

haut de sa course, et l'air comprimé pénètre dans le réservoir auxiliaire par R, en passant autour de la garniture du piston *n*.

Lorsqu'on produit dans la conduite générale une dépression suffisante pour faire descendre le système *n*, *a*, *m*, *f*, le piston *a* vient au-dessous des orifices *i*, et le réservoir communique avec le conduit *l;* l'air comprimé passe par le système détendeur, se rend alors dans le vase à freins avec une pression réduite, en même temps que le clapet *f* est amené au bas de sa course et que le vase à freins cesse de communiquer avec l'extérieur par E. Le serrage ainsi produit peut être gradué entre certaines limites déterminées par les dimensions relatives des pistons *n*, *a* et *m*.

Un ressort peut être placé au-dessous du piston *n* pour maintenir au haut de sa course le système *n*, *a*, *m*, *f*, tant que les appareils ne contiennent pas d'air comprimé, afin que le vase à freins communique alors avec l'échappement E. Ce résultat s'obtiendrait aussi en montant l'appareil de haut en bas.

La réintroduction de la pression dans la conduite générale ramène le système *n*, *a*, *m*, *f* à la position de marche, et l'air comprimé qui avait pénétré dans le vase à freins s'échappe par E, ce qui produit le desserrage.

Serrage.

a. — *Étude du distributeur.*

78. — ***Pression introduite dans le cylindre à freins.*** — En continuant à faire usage des notations employées aux paragraphes 39 et suivants, et en désignant par y' la pression de l'air détendu qui remplit le vase ou cylindre à freins, y désignant la pression de l'air dans le conduit *l*, il est évident que y et y' seront toujours liés par l'équation :

$$y = \frac{S_{n'} - S_{a'}}{S_{m'} - S_{a'}}\, y \qquad (78)$$

qui devient, lorsqu'on désigne

$$\frac{S_{n'} - S_{a'}}{S_{m'} - S_{a'}} \text{ par } k :$$

$$y' = ky.$$

Dans cette équation, il n'est pas tenu compte du frottement. Si on désigne celui-ci par F_n, on obtient, au lieu de l'équation (78) :

$$y' = ky + \frac{F_p}{S_{m'} - S_{a'}}. \qquad (79)$$

79. — *Pressions exercées sur le système n, a, m, f.* — La résultante R des pressions exercées sur le système *n, a, m, f*, a toujours pour expression :

$$R = (S_n - S_a)\, x - S_n z - (S_m - S_a)\, y + S_f y', \qquad (80)$$

d'où

$$x = \frac{R + S_n z + (S_m - S_a)\, y - S_f y'}{S_n - S_a}. \qquad (81)$$

Il est facile de se rendre compte que R croît lorsque z décroît, et que pendant la marche il est égal à :

$$- P \times S_a$$

puisqu'on a, dans ce cas :

$$x = z = P \text{ et } y = 0.$$

80. — *Équilibre du système* m, n, a — Pendant le serrage, et lorsque le système *m, n, a* est en équilibre, les variables x, y, z sont reliées, si on néglige le volume du conduit l, par l'équation :

$$V_c\, ky + V_R\, x + V_c\, P_a - V_R\, P = 0, \qquad (82)$$

combinée avec l'équation (17), qui est :

$$(S_n - S_a)\, x - S_n z - (S_m - S_a)\, y = 0, \qquad (17)$$

d'où il vient :

$$x = \frac{S_n z + (S_m - S_a)\left(\frac{V_R}{V_c k} P - \frac{P_a}{k}\right)}{S_n - S_a + (S_m - S_a)\frac{V_R}{V_c k}}, \qquad (83)$$

$$y - \frac{V_R}{V_c k}(P - x) \quad - \frac{P_a}{k}, \qquad (84)$$

et :

$$V_R = \frac{ky + P_a}{P - x} V_c. \qquad (85)$$

La valeur maxima y_m de y correspond à la valeur minima x_0 de x, et s'obtient en faisant :

$$x = y = x_0 = y_m$$

d'où :

$$y_m = x_0 = \frac{V_n P - V_c P_a}{V_c k + V_n}. \qquad (86)$$

81. — *Conditions requises pour obtenir un commencement de serrage.* — Puisque, pendant la marche du train, le système n, m, a, f était maintenu au haut de sa course par une force égale à $P \times S_a$, à laquelle doit s'ajouter la tension du ressort, dans le cas où il y en a un, il s'ensuit que, pour obtenir un commencement de serrage, il faut produire dans la conduite générale une dépression égale à :

$$P - z_0 = \frac{S_a}{S_n} P + \frac{F_0}{S_n},$$

d'où :

$$z_0 = P\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right) - \frac{F_0}{S_n}, \qquad (87)$$

expression dans laquelle F_0 représente l'ensemble des résistances dues au ressort et aux frottements.

En outre, lorsqu'on aura produit une dépression égale à $P - z_0$, il n'y aura commencement de serrage qu'autant que le rapport $\frac{V_n}{V_c}$ sera tel que pour $z = z_0$ on ait y égal ou supérieur à la valeur de p, telle qu'elle a été définie au § 31, dans le système des équations (83) et (84), qui permettent de calculer la valeur minima à donner à $\frac{V_n}{V_c}$.

82. — *Dépression requise pour obtenir le serrage à fond.* — Dès que le piston a arrive au-dessous des orifices d, l'air comprimé se rend du réservoir auxiliaire d'abord dans l'espace l et puis, soulevant le clapet a', dans la chambre A du vase à freins. La pression y de l'air dans l'espace l a pour expression générale (si on néglige l'influence du ressort, ce qu'on peut faire sans erreur sensible) :

$$y = \frac{(S_n - S_a)\, x - S_n\, z}{S_m - S_a},$$

qui n'est autre que l'équation (27), dans laquelle on a $S_n > S_m$, et qui rentre dans l'un des cas examinés au paragraphe 45.

Pour obtenir la valeur du rapport $\frac{S_m}{S_n}$ en fonction de z_1, valeur de z qui correspond au serrage à fond, il suffira de remplacer dans l'équation (27) z par z_1, d'y faire x et y égaux, en leur attribuant

la valeur y_m donnée par l'équation (86), ce qui donne après réduction :

$$\frac{S_m}{S_a} = 1 - z_1 \frac{V_c\, k + V_n}{P V_n - P_a V_c}, \qquad (88)$$

d'où on tire aussi :

$$z_1 = \left(1 - \frac{S_m}{S_n}\right) \frac{P V_n - P_a V_c}{V_c\, k + V_n}. \qquad (89)$$

Remarque. — Le système n, a, m doit être en état d'équilibre pour toutes les valeurs de z comprises entre z_0 et z_1, et dès que z devient plus petit que z_1 la résultante des pressions exercées sur le système l'amène et le maintient au bas de sa course. Il ne peut en aucun cas se produire de desserrage intempestif, f restant toujours au bas de sa course et offrant une résistance égale à :

$$S_f\, ky + F_f$$

expression dans laquelle F_f représente les résistances dues aux frottements.

Desserrage.

83. — *Conditions requises pour que le desserrage puisse se produire.* — Pour que le desserrage s'accomplisse, il faut que le système n, a, m, f puisse être amené et maintenu au haut de sa course, c'est-à-dire que la résultante R de l'équation (88) devienne négative de positive qu'elle était. On a donc comme condition :

$$(S_n - S_a)\, x - S_n\, z - (S_m - S_a)\, y + S_f\, y' + F_d < 0,$$

qui devient :

$$(S_n - S_a)\, x - S_n\, z - (S_m - S_a - k\, S_f)\, y + F_d < 0, \qquad (90)$$

relation dans laquelle F_d représente les résistances dues aux frottements, diminuées de la valeur de la tension du ressort dans les cas où il y en a un.

Dans le cas le plus fréquent, le desserrage devant commencer lorsqu'on a, approximativement, $z = x_o = y_m$, la condition (90) deviendrait, après réduction :

$$\left(S_m - k\, S_f - \frac{F_d}{S_m}\right) x_o - F_d > 0. \qquad (91)$$

b — *Application numérique.*

Distributeur n° 4.

84. — *Données.* — Les données étant :
$P = 4{,}5\ kg$;
$S_a = 3{,}8\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 22 *mm* ;
$S_n = 38{,}5\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 70 *mm* ;
$S_{n'} = 15{,}2\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 44 *mm* ;
$S_{a'} = 3{,}14\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 20 *mm* ;
$S_{m'} = 60{,}8\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 88 *mm* ;
$p' = 0{,}05\ kg$;
$V_c = 18\ l$, lorsque le volume engendré est maximum ;
La tension du ressort égale à $4\ kg$;
Et le coefficent du frottement des cuirs contre les parois étant évalué à 0,15 ; calculer : 1° le volume minimum à donner au réservoir auxiliaire pour que le commencement du serrage corresponde toujours à la dépression $P - z_o$, et 2° les dimensions de *m*, pour que le serrage à fond corresponde à une dépression de $1{,}11\ kg$ dans la conduite générale, c'est-à-dire à $z_1 = 3{,}39\ kg$.

Il faut également prendre des dispositions pour que le desserrage commence, comme dans le frein Westinghouse, dès qu'on aura réintroduit dans la conduite générale une pression qui est d'environ $0{,}3\ kg$ plus élevée que celle qu'avait conservée l'air dans le réservoir auxiliaire, lorsqu'on avait effectué le serrage à fond, et qui est sensiblement égale à celle du réservoir auxiliaire pour de faibles serrages. Ce surplus de pression correspond aux frottements à vaincre pour faire remonter le piston de la triple valve Westinghouse.

85. — *Calcul de* k. — On trouve pour la valeur de k :

$$k = \frac{15{,}2 - 3{,}14}{60{,}8 - 3{,}14} = 0.21.$$

86. — *Calcul de* z_o. — En reportant dans l'équation (87) les données numériques, il vient :

$$z_o = 4{,}5\left(1 - \frac{3.8}{38{,}5}\right) - \frac{F_o}{38{,}5} = 4{,}06 - \frac{F_o}{38{,}5};$$

expression dans laquelle F_o représente l'ensemble de résistances, qui sont :

1° La résistance de ressort r. . . . . 4,00 *kg*

2° Le frottement dû au piston a, qui a pour valeur :

$$\pi \times 2{,}2 \times 0{,}7 \times 4{,}5 \times 0{,}15 = \quad 3{,}26$$

3° Le frottement dû au piston n, qui a pour valeur :

$$\pi \times 7 \times 0{,}7 \times (4{,}5 - 4) \times 0{,}15 = \quad 1{,}15$$

soit en tout . . . . . 8,96 *kg*

desquels il faut défalquer le poids du système qui est approximativement de 1,45

en sorte que . . . . . $F_0 =$ 6,50 *kg*

et il vient :

$$z_0 = 4{,}059 - \frac{6{,}50}{38{,}5} = 3{,}879\,kg.$$

Dans ces calculs comme dans ceux qui vont suivre, on a considéré le centimètre comme unité, et on a admis que les cuirs portent sur une hauteur moyenne de 7 *mm*, soit 0,7 *cm*.

87. — *Calcul de* p. — Si dans l'équation (79) on fait : $y' = p' = 0{,}05$, p sera égal à y et aura pour expression :

$$p = \frac{0{,}05 - \dfrac{F_b}{60{,}8}}{0{,}21} = 0{,}238 - \frac{0{,}21\,F_b}{61}$$

Il reste à déterminer la valeur de F_b, ce qui ne peut se faire qu'approximativement. Lorsque le système est soulevé, F_b se compose :

1° Du frottement dû au piston n', sur lequel on admettra une pression de 0,5, ce qui donne :

$$\pi \times 4{,}4 \times 0{,}7 \times 0{,}5 \times 0{,}15 = \quad 0{,}72\,kg$$

2° Du frottement dû au piston m', qui a pour valeur :

$$\pi \times 8{,}8 \times 0{,}7 \times 0{,}1 \times 0{,}15 = \quad 0{,}30$$

soit en tout . . . . . 1,02 *kg*

Retranchant de ce total le poids du système $m'\,a'\,n'$, on trouve que F_b est sensiblement nul, en sorte que $p = 0{,}238$.

88. — *Calcul de la valeur de x, correspondant au moment où le diaphragme arrive à fond de course et amène les sabots au contact avec les bandages des roues, sur lesquels ils n'exercent encore aucune pression.* — La valeur de F_d se compose :

1° Des frottements dus aux pistons a et n, qu'on peut évaluer avec assez d'approximation, comme dans la recherche de F_o, soit $3{,}26 + 1{,}15$ . . . . . = 4,41 *kg*

2° Du poids du système . . . . . = 1,45

3° Du frottement dû au piston m, d'un diamètre approché de 21,5 *mm* :

$$\pi \times 2{,}15 \times 0{,}7 \times p \times 0{,}15 = \quad 0{,}16$$

4° Du frottement dû à f, d'un diamètre approché de 40 *mm*, évalué approximativement à 1,00

soit en tout . . . . . 7,02 *kg*

Portant — 7,02 au lieu de R dans l'équation (81) et y remplaçant les autres termes par leurs valeurs numériques correspondantes, on trouve :

$$x = \frac{-7{,}02 + 38{,}5\, z_o + (S_m - 3{,}8)\, 0{,}238 - S_f \times 0.05}{38{,}5 - 3{,}8},$$

d'où, en admettant les diamètres approchés de 21,5 *mm* et de 40 *mm* pour respectivement S_m et S_f :

$$x = 4{,}06\ kg.$$

Comme les pressions qui s'exercent sur $S_m - S_a$, ainsi que sur S_f sont très faibles, l'erreur qu'on a pu commettre en évaluant leurs surfaces est sans influence sensible sur le résultat final.

89. — *Calcul du volume minimum du réservoir auxiliaire.* — En remplaçant dans l'équation (85), y par $p = 0{,}238$; x par la valeur qu'on vient de trouver, soit 4 *kg* ; k par 0,21 ; et V_c par sa valeur, il viendra :

$$V_a = \frac{0{,}21 \times 0.238 + 1}{4{,}5 - 4{,}06}\, 18 = 42{,}84\ l.$$

90. — *Calcul de la surface de* m. — L'équation (88) donne :

$$\frac{S_m}{S_a} = 1 - 3{,}388 \frac{18 \times 0{,}21 + 42{,}84}{4{,}5 \times 42{,}84 - 18} = 0{,}099,$$

d'où on tire :

$$S_m = 0.099\ S_a = 3{,}81\ cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 22 *mm*.

Le serrage commencera donc pour :

$$z_o = 3{,}879\ kg$$

et il sera complet pour :

$$z_1 = 3{,}388\ kg,$$

en sorte que l'appareil sera modérable entre ces deux valeurs de z.

91. — *Calcul de la valeur maxima de y'.* — La valeur maxima y_m étant, d'après l'équation (86) :

$$y_m = x_o = \frac{42{,}84 \times 4{,}5 - 18}{3{,}78 + 42{,}84} = 3{,}74\ kg$$

celle de y'_m sera :

$$y'_m = 3{,}74 \times 0{,}21 + \frac{F_D}{S_m} = 0{,}78 + \frac{F_D}{S_m}$$

Or F_D se compose approximativement de :

1° Le frottement dû à n', qui a pour valeur :

$$\pi \times 4{,}4 \times 0{,}7 \times 3{,}74 \times 0{,}15 = \quad 5{,}40\ kg$$

2° Le frottement dû à m', qui a pour valeur approchée :

$$\pi \times 8{,}8 \times 0{,}7 \times 0{,}9 \times 0{,}15 = \quad 2{,}61$$

Soit un total de. . . . . 8,01 *kg*

duquel il faut défalquer environ 1 *kg* pour le poids du système, ce qui réduit la valeur de F_D à 7,01 *kg* ; en sorte que :

$$y'_m = 0{,}78 + \frac{7{,}01}{60{,}8} = 0{,}895\ kg.$$

92. — *Desserrage.* — Lorsque l'on aura produit le serrage et qu'il en résultera une pression x dans le réservoir auxiliaire, il faudra que le desserrage puisse correspondre à une pression dans la conduite générale :

$$z = x + a,$$

a allant en augmentant de zéro, pour le serrage très modéré, à 0,2 pour le serrage à fond, et la pression dans le réservoir auxiliaire devenant alors égale elle-même à z ; l'inégalité (90) deviendra :

$$-S_a z - (S_m - S_a - k S_f) y + F'_d < 0$$

ou :

$$F'_d < S_a z + (S_m - S_a - k S_f) y$$

d'où :

$$S_f < \frac{S_a z + (S_m - S_a) y - F'_d}{ky} \qquad (92)$$

L'erreur commise, en admettant que $y' = ky$, est ici sans influence.

La valeur de F'_d se compose de :

1° La résistance due au frottement du piston m, qui a pour expression :

$$\pi \times 2{,}15 \times 0{,}7 \times y \times 0{,}15 = 0{,}708\, y;$$

2° La résistance due au frottement du piston a, qui a pour expression :

$$\pi \times 2{,}2 \times 0{,}7 \times (z - y) \times 0{,}15 = 0{,}72\, (z - y);$$

3° La résistance dû au frottement de f, quand c'est un piston, qui a alors pour valeur suffisamment approchée :

$$\pi \times 4 \times 0{,}7 \times y' \times 0{,}15 = 1{,}32\, y';$$

4° Du poids du système qui est, ainsi qu'il a été dit, d'environ 1,500 *kg*.

Enfin, en retranchant de la somme de ces quatre résistances la tension du ressort, soit 4 *kg*, on a :

$$F'_d = 0{,}708\, y + 0{,}72\, (z - y) + 1{,}32\, y' + 1{,}5 - 4,$$

ce qui donnera, pour les cas extrêmes, c'est-à-dire pour les valeurs minima et maxima de y et y', respectivement :

$$F'_d = 0{,}708 \times 0{,}238 + 0{,}72 \times 3{,}82 + 1{,}32 \times 0{,}05 - 2{,}5 = 0{,}5$$

et :

$$F'_d = 0{,}708 \times 3{,}74 + 0{,}72 \times 0{,}32 + 1{,}32 \times 0{,}9 - 2{,}5 = 1{,}55.$$

Lorsqu'on porte dans l'équation ci-dessus, successivement, les valeurs de z, y, etc., correspondant respectivement au commencement du serrage et au serrage à fond, il vient :

Pour le cas du commencement du serrage :

$$S_f < \frac{3{,}8 \times 3{,}87 - 0{,}17 \times 0{,}238 - 0{,}5}{0{,}21 \times 0{,}238} = 243$$

et pour le cas du serrage à fond :

$$S < \frac{3{,}8 \times 3{,}38 - 0{,}17 \times 3{,}74 - 1{,}55}{0{,}21 \times 3{,}74} = 13{,}6.$$

Il résulte de ces calculs que l'influence de la surface de S_f est a peu près nulle dans le cas du serrage modéré, et qu'il suffit de considérer le cas correspondant au serrage à fond.

Dans ce cas, il faudrait donner à S_f une surface égale à 13,6 cm^2; mais comme le coefficient de frottement des cuirs peut être un peu

plus considérable que celui qui a été adopté, et qu'il y aurait à redouter que le desserrage ne puisse se produire, il y a lieu de réduire un peu cette surface, et on peut faire $S_f = 12{,}56\ cm^2$, correspondant à un diamètre de **40** *mm.*

93. — *Modifications à faire subir aux calculs, dans le cas où on supprime le ressort du distributeur.* — Dans le cas où on supprime le ressort du distributeur, quelques-uns des résultats qui viennent d'être obtenus doivent être modifiés.

La valeur de z_0 devient :

$$z_0 = 4{,}059 - \frac{2{,}9}{38{,}5} = 3{,}99.$$

La valeur de x correspondant à la valeur de y' qui amène les sabots en contact avec les bandages des roues, devient, en conséquence :

$$x = \frac{-7{,}02 + 1{,}54 + (3{,}63 - 3{,}8) \times 0{,}238 - 12{,}56 \times 0{,}05}{38{,}15 - 3{,}8} = 4{,}2$$

Quant à V_n il est égal à :

$$V_n = \frac{0{,}21 \times 0{,}238 + 1}{4{,}5 - 4{,}2}\ 18 = 63\ l$$

Remarque. — Le volume qu'on est amené à donner au réservoir est considérable, et en pratique on peut sans inconvénient le réduire à **40** *l*, comme dans le cas où l'on fait usage de ressort ; il n'en résultera qu'un très léger retard dans le serrage.

Les valeurs extrêmes de F'_d seront :

$$0{,}5 + 4 = 4{,}5$$
$$\text{et } 1{,}55 + 4 = 5{,}5.$$

Cette dernière valeur donne pour le serrage à fond :

$$S_f < \frac{3{,}8 \times 3{,}38 - 0{,}17 \times 3{,}7 - 5{,}5}{0{,}21 \times 3{,}7} = 7{,}9;$$

ce qui conduirait, en faisant S_f égal à $7\ cm^2$, au lieu de 7,9 qu'on vient de trouver, à donner à f un diamètre de **30** *mm.*

CHAPITRE IV

I. — Appareils a fonctionnement rapide applicables au freinage des trains de marchandises.

94. — *Appareils moteurs employés pour le freinage des trains de marchandises.* — Les trains de marchandises se composant usuellement d'un très grand nombre de véhicules, il faut, lorsqu'on veut les

munir de freins continus, recourir à l'emploi d'appareils spéciaux *pour que la propagation du serrage et du desserrage puisse s'effectuer avec une rapidité suffisante.*

Les appareils moteurs qu'on a, jusqu'ici, employés avec quelque succès appartiennent à l'une des catégories suivantes :

1° Celle des appareils électriques ;
2° Celle des appareils électro-pneumatiques ;
3° Celle des appareils pneumatiques.

L'usage des appareils électriques et des appareils électro-pneumatiques ne s'étant pas étendu, ils ne seront pas considérés ici, où il ne sera question, du reste, que des freins à air comprimé.

Description des appareils à fonctionnement rapide qui ont été essayés.

95. — *Appareil Westinghouse.* — L'appareil modifié par M. Westinghouse pour être appliqué aux trains de marchandises, comporte en réalité deux valves à pistons, dont une fonctionne horizontalement et l'autre verticalement. La valve horizontale est identique à la triple valve ordinaire, avec cette différence, toutefois, que lorsque le piston qu'elle comporte, arrive à fond de course pour produire le serrage, il rencontre la résistance d'un ressort, résistance qui ne doit être surmontée que dans le cas de serrage rapide. Alors, la valve verticale entre en jeu, et fait communiquer la conduite générale avec le cylindre à freins, dans lequel se rend l'air de la conduite générale, ce qui détermine très rapidement un commencement de serrage.

Pour opérer le desserrage, il faut recharger la conduite générale, comme dans le cas du frein ordinaire *Westinghouse* dont il a été question plus haut.

Mais il est facile de voir que la rapidité du serrage, dans cet appareil, est obtenue aux dépens de celle du desserrage, puisque, pour l'obtenir, il faut remplir toute la conduite générale dont on avait laissé échapper la presque totalité de l'air. Il faut, en effet, pour obtenir une pression de quelque importance dans le cylindre à freins, par l'arrivée de l'air comprimé que contenait la conduite générale, augmenter considérablement le volume, et par suite, le diamètre de celle-ci.

96. — *Appareil Wenger.* — L'appareil imaginé par M. Wenger pour actionner les trains de marchandises, se compose d'un réser-

température reste constante et, par suite que la quantité d'air qui s'échappe dans l'unité de temps est proportionnelle au produit w $(P - h) = m$. L'accroissement Δt du temps pris pour la transmission de la dépression d'un point dont l'abscisse est x à un point dont l'abscisse est $x + \Delta x$, est donc proportionnel à :

$$\frac{(\Delta h + h)(x + \Delta x) - hx}{m - \Delta m},$$

ou, après réductions, à :

$$\frac{x\Delta h + h\Delta x + \Delta x \Delta h}{m - \Delta m}. \qquad (93)$$

tandis qu'on a :

$$t = \Sigma \Delta t. \qquad (94)$$

On voit, à la simple inspection de la figure, que Δt *augmente plus rapidement que* x, puisque h croît avec x tandis que, lorsque x croît, $m - \Delta m$ décroît et tend vers zéro.

Remarque. — Si on considère la longueur et le diamètre de la conduite comme constants, la formule bien connue de M. Devillez, relativement à l'écoulement des gaz dans une conduite, prend ici la forme :

$$h = C w^2 (P - h), \qquad (95)$$

puisqu'on a admis plus haut que la densité de l'air comprimé est proportionnelle à sa pression.

De cette équation il vient successivement :

$$h = \frac{C w^2 P}{C w^2 + 1}$$

et :

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{P} + \frac{1}{C P w^2}.$$

Donc $\frac{1}{h}$ décroît lorsque P croît, ou bien h augmente de valeur en même temps que P. Il en résulte évidemment *que la propagation de la dépression se fait avec d'autant plus de lenteur que* P *est plus grand*, puisque pour une même pression, en O, de laquelle dépend la vitesse w, les angles Y a a', Y b b', etc., diminuent lorsque P augmente.

98. — *Propagation de la pression lorsque l'alimentation se fait par un seul orifice situé à une extrémité de la conduite.* — Quand un réservoir

rempli d'air comprimé, à une pression y, est mis en communication, par un orifice, avec une conduite fermée, de section uniforme égale à celle de l'orifice, et contenant de l'air à une pression $z < y$, la masse d'air qui arrive du réservoir forme une sorte de piston gazeux qui refoule devant lui, en la comprimant, la masse que renfermait primitivement la conduite.

Si on suppose que les deux masses d'air restent séparées par un plan idéal de contact, on voit que celui-ci doit s'avancer dans la direction de l'extrémité fermée de la conduite et s'arrêter, lorsque la pression est devenue uniforme dans cette dernière, en un point dont la position dépend des valeurs initiales de y et z, ainsi que des volumes respectifs du réservoir et de la conduite.

Pendant la marche du plan de contact, la pression y va en diminuant, à mesure que le plan s'éloigne du réservoir. L'air provenant de celui-ci subit, en outre, une perte de charge h absorbée notamment par les frottements, en sorte que, du côté du réservoir, la pression, au plan de contact, aura toujours pour valeur $y - h$. Sur l'autre face du plan de contact, c'est-à-dire du côté de l'extrémité fermée de la conduite, la pression atteint évidemment une valeur supérieure à la pression moyenne de l'air contenu entre le plan et l'extrémité fermée.

Si on désigne par :

l, la longueur totale de la conduite, et par :

z_α une pression moyenne minima, à introduire dans la portion de conduite comprise entre le plan de contact et l'extrémité fermée ;

La longueur d, qui mesure le chemin parcouru par le plan de contact pour déterminer la pression z_α sera évidemment inférieure à celle qui est obtenue en résolvant, par rapport à d, l'équation :

$$z_\alpha (l - d) = z l,$$

c'est-à-dire qu'on peut écrire :

$$d < \left(1 - \frac{z}{z_\alpha}\right) l. \qquad (96)$$

99. — *Propagation de la dépression lorsque l'écoulement se fait par plusieurs orifices établis le long de la conduite générale.* — Il résulte de ce qui a été dit au paragraphe 94 que, lorsque, dans une conduite de très grande longueur par rapport à son diamètre, l'écoulement à l'extérieur s'effectue par une seule ouverture, la propagation de la dépression doit se faire, dans certains cas, avec beaucoup trop

de lenteur. Pour obvier à ce grave inconvénient, on peut adopter des dispositions spéciales pour que l'écoulement puisse avoir lieu par plusieurs orifices 1, 2, 3 (fig. 15) pratiqués le long de la conduite générale. La propagation de la dépression s'effectue alors de la manière suivante :

Soit A B la ligne des pressions pendant que la conduite est chargée d'air à la pression P. Quand on ouvre, au moyen du robinet de manœuvre, l'orifice en O correspondant à $x = 0$, la propagation de la dépression se fait, comme dans le cas du paragraphe 97, jusqu'au moment où la pression en 1 n'est plus que 1 α; alors, l'orifice placé en 1 s'ouvre et l'échappement se faisant en même temps par O et par 1, la courbe des pressions prend la forme représentée par $m' \alpha' \beta$; lorsque l'ordonnée 2 β correspond à la dépression qui fait ouvrir l'orifice placé en 2, la courbe des pressions devient $m'' \beta' \gamma$ et ainsi de suite, la propagation de la dépression se transmettant de proche en proche et faisant ouvrir successivement tous les orifices d'écoulement.

Le temps Δt qui s'écoule entre les ouvertures de deux échappements successifs, 2 et 3 par exemple, correspond au temps nécessaire pour permettre l'échappement d'une quantité d'air comprimé proportionnelle à l'aire de $m'' m' \alpha' n' n'' \gamma \beta'$ Celle-ci se compose de deux portions : $m'' m' \alpha' \beta \beta'$ qui croît avec x et $\beta' \beta n' n'' \gamma$ qui est *constante* et dont l'écoulement exige toujours le même temps Δt, *lorsque les orifices sont de même section et également espacés* le long de la conduite.

En général, lorsque la dépression a déterminé l'ouverture d'un orifice quelconque n, l'échappement s'effectue par tous les orifices de o à n que n'a point encore fermés l'action de l'air comprimé qui a pénétré dans les cylindres à freins. En pratique, on peut sans inconvénient admettre que l'échappement du volume $\beta' \beta n' n'' \gamma$ se fait entièrement par l'orifice n, et que l'écoulement du volume $m'' m' \alpha' \beta \beta'$ s'effectue, dans le même temps Δt, par ceux des autres orifices qui étaient encore ouverts; et le temps nécessaire pour que la dépression arrive en un point quelconque n aura alors pour expression assez approchée :

$$t = n \Delta t.$$

Remarque. — Au moment où un orifice n (fig. 16) s'ouvre pour laisser écouler l'air, en se plaçant dans l'hypothèse où l'échappement de l'air contenu à l'arrière de n se fait totalement par cet orifice, la ligne des pressions, qui était $a b'$, s'infléchit tout d'abord

de façon à devenir $a_1\ k\ b'$, puis $a_1\ b''$ et enfin $a_2\ b$ qui est sensiblement parallèle à $a\ b'$. A ce moment, l'orifice $n+1$ s'ouvre et la courbe devient $b_1\ k'\ c'$, puis $b_1\ c''$ et $b_2\ c$, et ainsi de suite.

Pendant que l'échappement à l'extérieur se fait par n, la dépression se transmet à l'arrière de cet orifice où elle avait déjà pour valeur B b' au moment où n s'est ouvert, cette dépression devant augmenter jusqu'à devenir égale à B b avant que l'orifice $n+1$ puisse s'ouvrir à son tour.

Comme l'abaissement de la charge en $n+1$ aura pour effet, ainsi qu'on le verra plus loin, de faire arriver de l'air comprimé dans le cylindre à freins, il importe que, *tant que la perte de charge en* n + 1 *n'a pas atteint la valeur* B b, la pression de l'air dans ce cylindre à freins reste inférieure à celle qu'on a désignée par p dans le paragraphe 31. S'il n'en était pas ainsi, *l'orifice* n + 1 *ne pourrait pas s'ouvrir*. Il faut aussi que la pression dans le cylindre à freins correspondant à n soit aussi restée inférieure à une valeur donnée, p par exemple, tant que $n+1$ n'est pas ouvert, sans quoi l'orifice n se fermerait prématurément.

Il est donc nécessaire :

1° Que la dépression se transmette le moins loin possible à l'arrière du dernier orifice ouvert, c'est-à-dire que la perte de charge par unité de longueur soit la plus grande possible ;

2° Que le passage qui fait communiquer le réservoir auxiliaire avec le cylindre à freins soit de section telle que le débit d'une quantité d'air égale à :

$$Q = V_a\ (P_a + p)$$

exige un temps plus considérable que le débit par un orifice quelconque n, d'une quantité d'air proportionnelle à l'aire $a\ k\ b'\ m\ m''\ b\ a\ a_2$.

100. — *Propagation de la pression lorsque l'alimentation se fait par des orifices établis le long de la conduite générale.* — Au lieu de charger la conduite générale par le robinet de manœuvre seulement et en puisant dans le réservoir principal, on peut, en outre, y amener, par d'autres orifices établis sous les voitures, l'échappement de l'air qui avait pénétré dans les cylindres pour actionner les freins. — On obtient ainsi une plus grande rapidité dans la propagation de la pression et une réduction notable dans la dépense d'air comprimé.

Quand on ouvre (fig. 17) le robinet de manœuvre, qui laisse pénétrer dans la conduite de l'air à la pression P, la charge se

propage d'abord de la même manière que dans le cas du paragraphe 99, jusqu'à ce qu'elle soit égale à 1 α, au point où se trouve l'orifice 1, pression qui détermine l'arrivée, dans la conduite, de l'air comprimé contenu dans le cylindre à freins correspondant. Cet air dont la pression en 1 est 1 a, évidemment inférieure à P, se détend dans la conduite et y amène un changement dans la courbe des pressions qui est d'abord de la forme M a' a A pour devenir bientôt M b' β. — Comme alors la pression β 2, en 2, est suffisante pour produire l'échappement dans la conduite générale, de l'air contenu dans le cylindre à freins correspondant, la courbe des pressions devient M b' b B, et ainsi de suite.

Lorsqu'on considère un point de la conduite qui n'est pas très rapproché de O, l'air que fournit le réservoir principal n'y arrivant qu'avec une certaine lenteur, il est plus sûr, dans le cas de longs trains, de supposer que l'alimentation ne se fait d'abord que par l'échappement des cylindres à freins. En admettant comme égaux les intervalles qui séparent les orifices ainsi que les pressions qui déterminent leurs ouvertures, on voit que :

La propagation du desserrage sera d'autant plus rapide que l'orifice d'échappement dans la conduite sera plus grand et que la pression que peut déterminer, dans la conduite, l'arrivée de l'échappement du cylindre à freins, se rapprochera plus de celle qui correspond au desserrage complet.

Distributeur à fonctionnement rapide.

101. — *Description.* — Les figures 18 et 19 représentent, en section, le distributeur à fonctionnement rapide qui peut être monté, soit sur la conduite générale elle-même, de façon à en faire partie intégrante, soit sur un branchement aboutissant en P'. L'appareil communique par les orifices C et R avec, respectivement, le cylindre à freins et le réservoir auxiliaire.

Il y a trois systèmes mobiles de pistons et de clapets : le système m, n, a, le système p, q, P, q' f, et le système b, c, d, d'.

Le fonctionnement du système m, n, a, est identique à celui qui porte la même désignation dans le distributeur étudié aux paragraphes 37 et suivants.

Le système p, q, P, q', f, se décompose lui-même en deux parties mobiles : le piston P et l'ensemble p, q, q' f qui glisse dans la tige creuse de P.

Lorsque P est au bas de sa course, la conduite générale com-

munique avec l'air extérieur par le canal *l l*, et l'échappement E; tandis que, lorsqu'il est au haut de sa course, la rondelle *k*, venant s'appliquer contre son siège, la conduite générale ne communique plus avec l'air extérieur.

Lorsque le système *b*, *c*, *d*, *d'* est au bas de sa course, il fait communiquer le cylindre à freins avec l'extérieur par *g ε' o ε*; quand il est au haut de sa course, l'air contenu dans le cylindre à freins peut pénétrer dans la conduite générale en passant autour du piston *d*, le clapet que porte ce dernier fermant alors le passage de *o* vers *ε*. La communication reste toujours établie par le conduit *α α*, entre le cylindre à freins et l'espace compris entre *b* et *d'*.

Les pistons *m*, *n*, *p*, *q*, *q'* P, *f*, *b*, *c*, *d* et *d'* sont tous munis de cuirs emboutis dont les convexités sont tournées comme le fait voir la figure 18.

Le distributeur pourrait être monté en sens inverse; le poids du système *p*, *q*, P, *q'*, *f* amènerait alors *k* contre son siège après qu'on aurait vidé la conduite générale.

102. — *Fonctionnement.* — Pendant la marche du train, l'air comprimé venant de la conduite générale alimente le réservoir général auxiliaire en passant autour des pistons *n* et *p*, et par les conduits *r* et *r'*. Le système *p*, *q*, P, *q'*, *f* est maintenu au haut de sa course, tandis que *b*, *c*, *d*, *d'*, se trouvant à sa position inférieure, maintient la communication entre le cylindre à freins et l'air extérieur.

Serrage. — Pour produire un *serrage gradué*, on doit perdre la charge de la conduite générale, en procédant de telle façon que la résultante, qui agit de haut en bas sur *p*, *q*, *q' f*, reste toujours plus faible que la force qui maintient P au haut de sa course et que l'échappement ne puisse se faire que par le robinet de manœuvre. On obtient ce résultat en règlant l'échappement de celui-ci, pour que la dépression qui déterminerait, en un distributeur quelconque, la mise en marche de P, ne s'y fasse sentir qu'après l'admission d'une certaine pression dans le cylindre à freins correspondant. La pression à laquelle est soumis le piston *f* du distributeur va en croissant, et on peut graduer à volonté le serrage, comme dans le cas du distributeur des paragraphes 37 et suivants.

Le robinet de manœuvre doit être construit de manière qu'on puisse perdre dans la conduite générale telle quantité de la charge qu'on voudra, sans qu'il en résulte un remou qui rétablirait, dans la partie antérieure de la conduite générale, une pression suffisante pour y causer un commencement de desserrage.

Pour produire un *serrage rapide*, on ouvre le robinet de manœuvre tout en grand, ce qui détermine un abaissement brusque de la pression dans la conduite générale, de sorte que le système p, q, q', f, du premier distributeur entraîne avec lui, dans sa descente, le piston P, avant que le conduit g' ait pu livrer passage à une quantité d'air suffisante pour amener une pression de quelque importance sur la face inférieure du piston f. La conduite générale se vide alors par l'échappement E; la dépression se transmet ensuite au second distributeur, puis au troisième, et ainsi de suite jusqu'au dernier, avec une vitesse de propagation qui est d'autant plus grande que les sections des orifices E sont plus considérables.

Pour que l'air qui doit s'échapper par l'orifice E ne puisse se rendre dans le cylindre à freins, en passant autour du cuir de q', on peut ajouter un clapet k' k' sous le piston f.

Desserrage. — Il y a deux cas de desserrage à considérer, selon qu'on a produit un serrage modéré ou un serrage complet. Dans ce dernier cas, aussitôt que l'on introduit dans la conduite générale une pression relativement faible et dont l'importance doit être établie par le calcul, le système p, q, f est soulevé de façon à découvrir les orifices ε' ε', et l'air qui s'échappe par ces orifices se rend en passant autour de la garniture de d, et par l, dans la conduite générale, jusqu'au moment où la résultante des pressions exercées sur b, c, d, d' changeant de direction, ce système est amené au bas de sa course par suite de l'augmentation de la pression dans la conduite générale. A partir de ce moment, l'échappement de l'air qui restait dans le cylindre à freins se fait à l'extérieur par l'orifice ε. La conduite générale se charge ainsi de proche en proche jusqu'au dernier véhicule, et le desserrage se produit.

L'air du cylindre à freins s'échappe par ε, dans le cas d'un serrage modéré, pour lequel le système b, c, d, d' a été maintenu au bas de sa course par la pression qui était restée dans la conduite générale.

Remarque. — Ainsi qu'il a été dit, le distributeur pourrait être monté en sens inverse de celui que montre la figure. Dans ce cas, le poids du système p, q, q', f amenant le clapet k sur son siège, il n'y aurait pas à redouter de fuite par E, pendant le chargement des appareils, lors de leur remise en service.

a. — *Étude du distributeur.*

103. — *Équilibre du système* m, n, a *et pressions exercées sur lui.* —

Les formules d'équilibre obtenues aux paragraphes 40, 42 et 44 à 48 sont applicables ici.

La résultante R des pressions exercées sur le système m, n, a a toujours pour expression :

$$R = (S_n - S_a)\, x - S_n\, z - (S_m - S_a)\, y,$$

d'où :

$$x = \frac{R + S_n\, z + (S_m - S_a)\, y}{S_n - S_a}. \qquad (97)$$

104. — *Pressions exercées, pendant le serrage, sur les systèmes* p, q, q', f *et* b, c, d, d'. — Comme, dans la pratique, on fait q et q' de même diamètre, la résultante R des pressions exercées sur le système p, q, q', f est fournie par l'équation (20) :

$$R = (S_p - S_q)\, x - S_p\, z - (S_f - S_q)\, y. \qquad (20)$$

Pendant le serrage, la résultante r des pressions exercées sur le système b, c, d, d' a pour valeur :

$$r = (S_b - S_{d'})\, y - (S_c - S_d)\, z. \qquad (98)$$

L'échappement ε est fermé lorsque r est positif ; il est ouvert lorsque r est négatif.

Dans cette équation, S_b, $S_{d'}$, S_c, S_d, représentent les surfaces totales des pistons b, d', c, d, respectivement.

1° Serrage gradué.

105. — *Valeur de* S_p *pour que le serrage puisse être gradué.* — Pendant le serrage gradué, on doit évidemment remplir la condition :

$$R - (S_p - S_q)\, x \gtrless 0,$$

c'est-à-dire en remplaçant R par sa valeur et réduisant :

$$(S_p - S_p)\, x - S_p\, z - (S_f - S_q)\, y \gtrless o. \qquad (99)$$

Puisque la valeur de R est maxima pour $z = z_1$ (*voir* § 49) et qu'alors $x = y = x_o$, la valeur de x_o étant fournie par l'équation (12), l'inégalité précédente devient, lorsqu'on y remplace x et y par x_o et z par z_1 :

$$(S_p - S_p - S_f + S_q)\, x_o - S_p\, z_1 \gtrless 0$$

d'où il vient :

$$S_p \gtrless S_v \left(1 - \frac{z_1}{x_o}\right) - S_f + S_q$$

condition dans laquelle on a négligé les frottements f_m, dont il y a lieu de tenir compte, ce qui donne en réalité :

$$S_p \geqq S_p \left(1 - \frac{z_1}{x_0}\right) - S_f + S_q - f_m. \qquad (100)$$

Il va sans dire que, par S_p on désigne la surface d'un cercle de même diamètre que le piston P.

Remarque. — Il ne faut pas oublier que, pour qu'il y eût ici commencement de serrage, lorsqu'on a :

$$z_0 = P\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right) \qquad (24)$$

il faudrait que le rapport $\frac{V_n}{V_c}$ fût tel que pour $z = z_0$ dans le système d'équation (18) et (19), on eût y égal ou supérieur à la pression p, ce qui est impossible, ainsi qu'on peut le voir, en cherchant à égaler les deuxièmes membres des équations (24) et (55).

2° Serrage rapide.

104. — *Condition nécessaire pour faire ouvrir l'échappement* E. — Lorsqu'on fait, dans la conduite générale, une dépression suffisante pour produire le serrage des freins, la pression de l'air qui se rend dans le cylindre à freins est égale, jusqu'au moment où les sabots viennent en contact avec les bandages des roues, à p, en sorte que la résultante R_p des pressions exercées alors sur le système p, q, q', f est :

$$R_p = (S_p - S_q)\,P - S_p\,z - (S_f - S_q)\,p, \qquad (101)$$

en admettant, ce qui est suffisamment exact, que la pression de l'air dans le réservoir auxiliaire est restée égale à P.

D'autre part, le piston P étant soumis à une pression s'exerçant en sens inverse et égale à :

$$(S_p - S_q)\,P,$$

il en résulte que, pour que ce piston puisse être amené au bas de sa course et découvrir l'échappement E, il faut produire dans la conduite générale une dépression $P - z_p$, telle qu'on ait :

$$R_p > (S_p - S_q)\,P + f_p$$

expression dans laquelle f_p représente la valeur des frottements à

vaincre, et d'où l'on tire, en y remplaçant R_p par sa valeur, et après réduction :

$$S_r < S_p - \frac{S_p z_r + (S_f - S_q) p - f_r}{P} \qquad (102)$$

3° Desserrage.

105. — *Valeur à donner à S_r, pour que le desserrage puisse s'accomplir.* — Pour que le desserrage puisse s'effectuer, il faut que, pendant le serrage, le système p, q, P, q', f, remonte toujours à la position de serrage gradué, c'est-à-dire que l'échappement E ne communique plus avec l'extérieur, sans quoi on ne pourrait pas réintroduire la charge dans la conduite générale. La valeur de R donnée par l'équation (20) étant maxima, et celle qui s'oppose à la descente du piston P étant minima lorsque $z = 0$, il s'ensuit que la condition à remplir est obtenue en faisant $x = y = z_0$ et $z = 0$ dans l'inégalité (99), ce qui donne :

$$S_r \geq S_p - S_f + S_q ; \qquad (103)$$

ou plutôt, en tenant compte des frottements f_2 :

$$S_r \geq S_p - S_f + S_q + \frac{f_2}{x_0}. \qquad (104)$$

106. — *Fonctionnement du système* b, c, d, d'. — L'échappement par ε' ε' se fait comme il a été expliqué aux paragraphes 51 et suivants, c'est-à-dire que le desserrage commence pour une valeur $z_{d'}$ de z, donnée par l'équation (47), et dans les cas où la valeur de r fournie par l'équation (98) est négative, l'air qui s'échappe du cylindre à freins se rend d'abord dans la conduite générale, jusqu'au moment où il vient :

$$(S_b - S_{d'})\, y - (S_c - S_d)\, z = 0, \qquad (105)$$

y continuant à représenter la valeur décroissante, par suite de la détente, de la pression dans le cylindre à freins, tandis que z est la valeur correspondante de la pression dans la conduite générale ; à partir de ce moment, l'échappement du cylindre à freins se fait à l'extérieur.

Pour assurer le bon fonctionnement de l'appareil et la descente du système, il faut faire $S_c > S_b$, en sorte que, lorsque $z = y$, la résultante soit suffisante pour vaincre la résistance due aux frottements.

Remarque. — Ici, la valeur de z_a, fournie par l'équation (47) doit toujours être augmentée de : $\frac{F_d}{S_p}$, F_d représentant l'ensemble des frottements à vaincre pour que p, q, q', f puisse être amené au haut de sa course.

107. — *Valeur de la pression résultant de l'échappement de l'air du cylindre à freins, dans la conduite générale.* — On a vu, au paragraphe 100, que, lorsqu'on a effectué le serrage à fond, la valeur de la pression z', qui résulte de l'échappement, dans la conduite générale, de l'air contenu dans le cylindre à freins, doit se rapprocher le plus possible de celle qui correspond au desserrage complet. Il importe donc de trouver une expression de la valeur de z', qu'on obtient avec assez d'approximation de la manière suivante :

Si on désigne par V_p le volume de la portion de conduite générale comprise entre deux distributeurs, et par y_e la valeur de la pression restant dans le cylindre à freins, au moment où le système b, c, d est en équilibre et sur le point de commencer sa course descendante, on a les relations, dans le cas où il n'y a pas de pression initiale dans la conduite générale :

$$V_c\, x_o - V_c\, y_e - V_p\, z' = 0 \qquad (106)$$

$$(S_b - S_{d'})\, y_e - (S_c - S_d)\, z' = 0 \qquad (107)$$

desquelles on tire :

$$z' = \frac{x_o}{\frac{V_p}{V_c} + \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}} \qquad (108)$$

et

$$y_e = \frac{(S_c - S_d)\, x_o}{(S_b - S_{d'})\left(\frac{V_p}{V_c} + \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}\right)} \qquad (109)$$

S'il y avait dans la conduite générale une pression initiale z_i, l'équation (106) devrait être remplacée par :

$$V_c\, x_o + V_p\, z_i - V_c\, y_e - V_p\,(z' - z_i) = 0.$$

108. — *Valeur de la pression dans le cylindre à freins.* — Lorsque la pression, dans la conduite générale, aura atteint la valeur z', l'échappement continuera, se faisant à l'extérieur, jusqu'à ce que la pression y_e soit descendue à :

$$y_d = \frac{(S_p - S_q)\, x_o - S_p\, z'}{S_f - S_q}, \qquad (110)$$

obtenue en faisant dans l'équation (49) $x_a = x_o$ et $z = z'$. Lorsqu'on remplace, dans cette expression, z' par sa valeur donnée par l'équation (108), il vient :

$$y_d = \left\{ S_p - S_q - \frac{S_p}{\frac{V_p}{V_c} + \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}} \right\} \frac{x_o}{S_f - S_q}, \qquad (111)$$

valeur qui doit être évidemment au plus égale à celle de y_o, condition qui se traduit par :

$$\left\{ S_p - S_q - \frac{S_p}{\frac{V_p}{V_c} + \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}} \right\} \frac{x_o}{S_f - S_q} \leq \frac{(S_c - S_d)\, x_o}{(S_b - S_{d'}) \left(\frac{V_p}{V_c} + \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}} \right)},$$

qui devient, après réduction :

$$\frac{V_p}{V_c} \leq \frac{S_p}{S_p - S_q} - \frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}} \left(1 - \frac{S_f - S_q}{S_p - S_q} \right). \qquad (112)$$

Remarque. — L'équation (111) fournirait bien la valeur de y, pour laquelle le système p, q, q', f commencerait à redescendre et à fermer les échappements ε' ε', s'il n'y avait pas lieu de tenir compte des frottements F_e. En réalité, la pression Y_1, dans le cylindre à freins, correspondant à la mise en mouvement du système p, q, q', f, aura pour expression :

$$Y_1 = y_d - \frac{F_e}{S_f - S_q}.$$

Or, F_e se compose de deux portions, dont l'une est constante et l'autre variable. La portion qui est constante correspond au frottement des pistons p et q, lorsque $x_a = x_o$ et $z = z'$; on peut la désigner par C. La portion variable correspond au frottement des pistons f et q' qui va en décroissant à mesure que la pression diminue dans le cylindre à freins. Elle a pour expression :

$$B = \pi (f + q')\, h \varphi Y$$

dans laquelle f et q' sont les diamètres des pistons f et q', h la hauteur frottante des garnitures et φ le coefficient de frottement.

On a donc :

$$Y_1 = y_d - \frac{C + \pi (f + q)\, h \varphi Y_1}{S_f - S_q}$$

d'où :

$$Y_1 = \frac{(S_f - S_q)\, y_d - C}{S_f - S_q + \pi (f + q) h \varphi} \qquad (113)$$

et

$$Y = Y_1 - p. \qquad (114)$$

b. — *Application numérique.*

109. — *Données.* — Les données sont :

$P = 4{,}50$ *kg.* ;

$p = 0{,}30$ —

$z_p = 2{,}25$ —

$S_n = 26{,}4$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 58 *mm.* ;

$S_a = 3{,}14$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 20 *mm.* ;

$S_b = 19{,}63$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 50 *mm.* ;

$S_{d'} = S_q = S_{q'} = 3{,}63$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 21,5 *mm.* ;

$S_f = 22$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 52,5 *mm.* ;

et $V_p = 4{,}5$ *l.* correspondant à une longueur de conduite de 9 *m.*, le diamètre intérieur étant de 25 *mm.*

Serrage gradué.

110. — *Calcul de* S_p. — L'inégalité (26) donne :

$$S_p > \frac{26{,}4 \times 3{,}63}{3{,}14} = 30{,}5 \text{ cm}^2.$$

Cette condition est remplie en faisant $S_p = 31$ *cm²* et correspondant à un diamètre de 63 *mm.*

111. — *Calcul de* z_o. — La valeur de z_o, obtenue au moyen de l'équation (24) est :

$$z_o = 4{,}5 \left(1 - \frac{3{,}14}{26{,}4}\right) = 3{,}96 \text{ kg.}$$

112. — *Calcul de* S_m. — Pour les raisons données au paragraphe 59, et aussi à cause de la lenteur de l'écoulement lorsque z se rapproche de zéro, il est bon de faire $z_1 = 0{,}2$. On a alors, en faisant usage de l'équation (31) :

$$\frac{S_m}{S_n} = 1 - 0{,}2\, \frac{5 + 1}{4{,}5 \times 5 - P_a} = 0{,}944.$$

et

$$S_m = 0{,}944 \times 26{,}4 = 24{,}90 \text{ cm}^2,$$

correspondant à un diamètre de 56 *mm.*

113. — *Calcul de la valeur de* x *correspondant au moment où le piston amène les sabots en contact avec les bandages des roues, mais sans exercer de pression.* — Lorsque la charge dans la conduite générale a été réduite à 3,96 *kg.*, le système *m*, *a*, *n* est bien soulevé, mais il ne saurait y avoir de pression utile dans le cylindre à freins si on ne continuait à augmenter la dépression. On admettra que lorsque $y = p = 0{,}4$ on doive avoir $z = 3{,}50$, correspondant à une dépression de $4{,}50 - 3{,}50 = 1$ *kg, en sorte que le serrage pourra être gradué entre* $z = 3{,}50$ *et* z_1, *c'est-à-dire sur une étendue de* 3,3 *kg.* si on fait $z_1 = 0{,}2$.

Reportant ces données et les valeurs connues dans l'équation (97), il vient :

$$x = \frac{26{,}4 \times 3{,}50 + (24{,}9 - 3{,}14)\ 0{,}4}{26{,}4 - 3{,}14} = 4{,}25\ kg.$$

114. — *Valeur minima de* $\frac{V_R}{V_c}$. — En remplaçant, dans l'équation (19), y par $p = 0{,}4$ et x par la valeur 4,28 qu'on vient de trouver, on obtient, en faisant $P_a = 1$:

$$\frac{V_R}{V_c} = \frac{1 + 0{,}3}{4{,}5 - 4{,}28} = 5{,}2.$$

115. — *Valeur de* x_0. — Si on fait $\frac{V_R}{V_c} = 5{,}2$ on trouve, en portant cette valeur dans l'équation (12) :

$$x_0 = \frac{5{,}2 \times 4{,}5 - P_a}{5{,}2 + 1} = 3{,}6\ kg,$$

lorsqu'on admet que $P_a = 1$.

116. — *Valeurs de* x, y *et* z *pendant le serrage gradué.* — On peut, dès à présent, former, au moyen des équations (18) et (19) le tableau suivant des valeurs z, x et y pendant le serrage gradué.

Pour $z = 3{,}5$ on a $x = 4{,}23$ et $y = 0{,}4$
» $z = 3$ » $x = 4{,}14$ et $y = 0{,}88$
» $z = 2{,}5$ » $x = 4{,}04$ et $y = 1{,}40$
» $z = 2$ » $x = 3{,}95$ et $y = 1{,}86$
» $z = 1{,}5$ » $x = 3{,}85$ et $y = 2{,}38$
» $z = 1$ » $x = 3{,}76$ et $y = 2{,}85$
» $z = 0{,}5$ » $x = 3{,}66$ et $y = 3{,}37$
» $z = 0{,}2$ » $x = 3{,}7$ et $y = 3{,}7$

Serrage rapide.

117. — *Calcul de* S_r. — De l'inégalité (100) il vient :

$$S_r > 31\left(1 - \frac{0,2}{3,6}\right) - 22 + 3,63 - f_m = 10,9 - f_m$$

tandis que l'application de l'inégalité (102) donne :

$$S_r < 31 - \frac{31 \times 2,25 + (22 - 3,6)\ 0,3 - f_r}{4,5} = 15,4 + \frac{f_r}{4,5}$$

conditions qui sont bien satisfaites lorsqu'on fait $S_r = 15\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 44 *mm*.

118. — *Calcul des sections du conduit* l *et de l'orifice d'échappement.* — En faisant la section du conduit *l l* égale à la section de la conduite générale, c'est-à-dire à 4,90 cm^2, on obtiendra d'une manière assez approchée, la plus grande perte de charge possible dans la conduite générale, et par suite le maximum de vitesse d'échappement.

Si on établit un seul conduit *l l*, on sera amené à faire sa section un peu plus grande que la section de la conduite générale, soit 40 *mm* sur 13 *mm*.

Les deux échappements E, de 20 *mm* sur 15 *mm* de section chacun, devront être évasés pour qu'on puisse les protéger extérieurement par une toile métallique sans réduire la section totale de l'échappement à moins de 6 cm^2.

119. — *Calcul de la section du conduit* g'. — Le poids de l'air qui doit s'échapper de la conduite générale pour faire fonctionner le distributeur suivant étant égal, à la température de 0°, à :

$$2,25 \times 4,5 \times 1,3 = 13\ g,$$

on peut admettre qu'il s'écoule à l'air extérieur, à une pression moyenne qui n'est pas inférieure à 3 *kg* au-dessus de la pression atmosphérique, avec un débit de 78 *g* à la seconde et par centimètre carré. Le temps nécessaire à l'écoulement de 13 *g* d'air sera donc :

$$\frac{13}{68 \times 5} = 0'',03.$$

D'un autre côté, si on admet provisoirement que V_c est égal à 6 *l*, le poids de l'air nécessaire pour remplir ce volume et y introduire une pression de 0,3 serait égal à :

$$6 \times 1,3 \times 1,3 = 10\ g.$$

La pression dans le réservoir auxiliaire restant sensiblement égale à P, le poids d'air pouvant passer par centimètre carré de section et par seconde sera au plus de 92 g, soit de :

$$0{,}03 \times 92 = 2{,}76\ g.$$

en 0,03 seconde.

On pourra donc, sans inconvénient, donner au conduit g' une section de 1 cm^2.

Desserrage.

120. — *Valeur de z pour laquelle le desserrage commence lorsqu'on a serré à fond.* — Si on fait dans l'équation (47) :

$$x_a = y_a = x = 3{,}6,$$

il vient, en tenant compte de la remarque du paragraphe 106,

$$z_{a'} = \frac{(31 - 3{,}63)\ 3{,}6 - (22 - 3{,}63)\ 3{,}6 + F_d}{31} = 1{,}04 + \frac{F_d}{31}.$$

Or F_d se compose :

1° Du frottement dû au piston p avec une pression approximative de $3{,}6 - 1{,}6 = 2$, lequel, a pour valeur:

$$\pi \times 6{,}3 \times 0{,}7 \times 2 \times 0{,}15 = \quad 4{,}15\ kg$$

2° Des frottements dus aux pistons q, q' et f, qui ont pour valeur :

$$\pi\ (2{,}1 + 2{,}1 + 5)\ 0{,}7 \times 3{,}6 \times 0{,}15 = \quad 10{,}50\ kg$$

ce qui fait en tout $\quad 14{,}65\ kg$

La valeur de $z_{a'}$ est donc égale à :

$$1{,}04 + \frac{14{,}65}{31} = 1{,}50\ kg.$$

121. — *Calcul de* S_c *et* S_d. — Le piston d doit être de diamètre tel que la gorge β' présente à l'air qui vient de o, un passage de section aussi grande que celle de la conduite générale, ce qui conduit à faire :

$S_d = 11{,}34\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 38 mm,

et à donner à β' une hauteur de 4 mm.

La surface S_c doit être établie de façon que lorsque la pression dans la conduite générale est égale à celle qui existe dans le cylindre à freins, la résultante qui agit de haut en bas soit égale à l'ensemble

des frottements à vaincre. Ceux-ci auront alors pour valeur approximative, si on admet provisoirement pour c un diamètre de 6 *cm* :

$$\text{pression} \times \pi\,(5 + 2 + 6)\,0{,}7 \times 0{,}15 = \text{pression} \times 4{,}33$$

d'où il vient :

$$S_c - S_d = S_b - S_{d'} + 4{,}3 = 19{,}63 - 3{,}63 + 4{,}3 = 20{,}3\ cm^2;$$

et

$$S_c = S_d + 20{,}3 = 31{,}64\ cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 63 *mm*.

122. — *Calcul de* V_c *et* V_R. — On obtient au moyen de l'équation (112), dans laquelle il y a lieu de remplacer $\frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}$ par l'unité, à cause de l'influence des frottements :

$$\frac{V_p}{V_c} < \frac{31}{31 - 3{,}63} - \left(1 - \frac{22 - 3{,}63}{31 - 3{,}63}\right) = 0{,}8,$$

d'où, en remplaçant V_p par sa valeur :

$$V_c = \frac{4{,}5}{0{,}8} = 5.6\ l,$$

et, puisque $\frac{V_R}{V_c} = 5{,}2$ (*voir* § 114),

$$V_R = 5{,}6 \times 5{,}2 = 29{,}12\ l.$$

123. — *Valeurs de* Y *et* y_d. — L'équation (111) donne pour y_d, en y remplaçant $\frac{S_c - S_d}{S_b - S_{d'}}$ par l'unité :

$$y_d = \left\{31 - 3{,}63 - \frac{31}{1{,}8}\right\}\frac{3{,}6}{22 - 3{,}53} = 2{,}00$$

et l'équation (113) permet d'obtenir :

$$Y_1 = \frac{16 \times 2 - C}{16 + \pi\,(5{,}3 + 2{,}1)\,0{,}7 \times 0{,}15}.$$

Or :

$$C = \pi\,(S_p - S_q)\,0{,}7 \times 3.6 \times 0{,}15 = 10{,}55$$

d'où :

$$Y_1 = \frac{20}{18{,}3} = 1{,}10\ kg$$

et par suite :

$$Y = 1{,}10 - 0{,}3 = 0{,}8.$$

124. — *Remarques.* — 1° Si on voulait que Y fût encore plus petit, il faudrait faire $\frac{V_p}{V_c}$ plus petit, ce qui augmenterait la valeur de z' ;

2° Les orifices d'échappement ε' ε' doivent présenter une section totale égale au moins à 5 cm^2. La section du conduit qui fait communiquer l'espace compris entre les pistons *c* et *d* et la conduite générale doit avoir une section au moins égale à la section de celle-ci ;

3° Après un serrage à fond, le parcours maximum *d* qu'aura à effectuer le plan de contact entre l'air d'alimentation et celui qui se trouvait dans la conduite générale, pour amener sur toute la longueur de celle-ci une pression minima de 1,50, valeur trouvée dans le paragraphe **120**, est obtenue en remplaçant, dans (96), z_a par $1{,}50 \times P_a$ ($= 1$) et z par $P_a = 1$, d'où :

$$d < \left(1 - \frac{1}{2{,}5}\right) l = 0{,}6\, l;$$

4° Ainsi qu'on peut le voir, la présence, dans un train, de voitures munies du distributeur à fonctionnement rapide qui vient d'être calculé, sera sans inconvénient. Il en résultera, au contraire, une grande accélération dans la production du serrage en cas d'urgence, tandis qu'on pourra toujours graduer le serrage, si les appareils montés sur les autres voitures sont eux-mêmes « modérables ».

Appareil de manœuvre.

125. — *Description.* — Cet appareil est représenté en section par les figures 20 et 21. Il comporte deux systèmes de pistons et clapets, à savoir : le système *i*, *j*, *k*, qui règle la dépression à produire et le système *l*, *o*, *r*, qui permet de faire varier, à volonté, la charge à admettre dans la conduite générale.

Les pistons sont tous munis de garnitures embouties, tournées comme l'indiquent les deux sections.

Les tubulures P et C sont destinées à recevoir les conduites qui relient l'appareil avec, respectivement, le réservoir principal et la conduite générale.

L'espace compris entre *i* et *j* communique toujours avec l'air extérieur par *h*, tandis que l'espace compris entre *i* et *r* est relié, par un conduit *a*, à un petit robinet R, auquel aboutit également un conduit *b* qui communique avec le réservoir principal. Les faces concaves des pistons *l* et *r* communiquent toujours entre elles, par

f, et avec le réservoir principal, tandis que l'espace situé au-dessous de *l* est constamment relié à la conduite générale par le conduit *g*.

La manœuvre se fait au moyen du robinet R, lequel peut occuper trois positions principales ; dans la première position, le conduit *a* communique avec le conduit *b* ; dans la deuxième position, le conduit *a* ne communique qu'avec l'air extérieur par l'orifice *e*, tandis que dans la troisième position, toute communication est interrompue entre le conduit *a* et l'orifice *e* ou le conduit *b*.

La tubulure M′ est destinée à porter le manomètre indicateur de la pression dans la conduite générale. La tubulure M qui doit recevoir le manomètre qui indique la pression dans l'espace compris entre *i* et *r*, permet encore de faire communiquer avec un petit réservoir, cet espace, dans le cas où son volume serait insuffisant pour assurer la stabilité de la pression qu'on veut y maintenir.

126. — *Fonctionnement*. — Le fonctionnement de l'appareil se fait de la manière suivante :

Chargement de la conduite générale. — Pour charger la conduite générale, il faut amener le robinet R à sa première position et l'y laisser jusqu'à ce que la pression dans l'espace au-dessus de *r* corresponde à celle qu'on veut maintenir dans la condition générale. Puis on remet R à sa troisième position ou position de repos.

Le système *l*, *o*, *r* s'abaisse alors, et l'air comprimé du réservoir principal pénètre dans la conduite générale par *o′ o′*, jusqu'à ce que la pression qui agit au-dessous de *r* fasse remonter le système et fermer, en conséquence, le passage *o′ o′*.

Production de la dépression. — Quand on veut déterminer une dépression donnée dans la conduite générale, on met R à sa deuxième position et on l'y maintient jusqu'à ce qu'on ait produit, dans l'espace situé au-dessus de *r*, une dépression correspondant à celle qu'on veut obtenir dans la conduite générale ; puis on remet le robinet à la troisième position. Le système *i*, *j*, *k* s'abaisse alors et fait échapper à l'extérieur, par E, l'air de la conduite générale, tant que, l'équilibre ne s'étant pas établi, le clapet *k* n'est point appliqué contre son siège. — ***On peut donc déterminer une dépression quelconque dans la conduite générale, sans avoir à redouter la production d'un remou par suite du mouvement en avant de l'air que contient cette conduite.***

127. — *Étude de l'appareil de manœuvre.* — Soient, en outre des désignations déjà employées :

S_l, S_n, S_i, S_j, S_k, S_o, les surfaces respectives de l, n, i, j, k et o.

S'_o, la surface réduite du piston o, qui est seule soumise à la pression de l'air contenu dans le réservoir principal, lorsqu'il ne communique pas avec la conduite générale ;

P_o, la pression dans le réservoir principal, et

Z, la pression de l'air introduit dans l'espace compris entre les pistons i et r,

z continuant à désigner la pression variable de l'air dans la conduite générale.

Introduction de la charge. — La *résultante* ρ *des pressions exercées sur le système* r, o, l, a pour expression, lorsque la communication est interrompue entre le réservoir principal et la conduite générale :

$$\rho = \left\{S_r + S_o - \left(S_l + S'_o\right)\right\} P_o + \left\{S_l - \left(S_o - S'_o\right)\right\} z - S_r Z \quad (115)$$

d'où :

$$Z = \frac{\left\{S_r + S_o - \left(S_l + S'_o\right)\right\} P_o + \left\{S_l - \left(S_o - S'_o\right)\right\} z - \rho}{S_r} \quad (116)$$

1° Lorsqu'on fait, dans (116), ρ et z égaux à zéro, il vient pour Z :

$$Z_1 = \frac{S_r + S_o - (S_l + S'_o)}{S_r} P_o \quad (117)$$

valeur de la pression minima à introduire entre i et r, pour obtenir un commencement de charge, en négligeant l'influence des frottements.

2° Lorsque, dans (116), on fait seulement $\rho = 0$, il vient :

$$Z = \frac{S_r + S_o - (S_l + S'_o)}{S_r} P_o + \frac{S_l - (S_o - S'_o)}{S_r} z \quad (118)$$

Dans le cas particulier où $S_r = S_l$, les équations (117) et (118) deviennent respectivement :

$$Z_1 = \frac{S_o - S'_o}{S_r} P_o \quad (119)$$

et :

$$Z = \frac{S_o - S'_o}{S_r} (P_o - z) + z \quad (120)$$

et :

$$Z - z = \frac{S_o - S_o'}{S_r} (P_o - z),$$

$Z - z$ croissant lorsque z décroît.

Production de la dépression. — La résultante r des pressions exercées sur le système i, j, k a pour expression générale :

$$r = S_i Z - (S_j - S_k) z$$

d'où :

$$Z = \frac{(S_j - S_k) z + r}{S_i}, \qquad (121)$$

qui devient, dans le cas où r est nul :

$$Z = \frac{S_j - S_k}{S_i} z. \qquad (122)$$

Dans ces équations on a négligé l'influence des frottements, dont il y a lieu de tenir compte en pratique.

128. — *Application numérique.* — Étant données :

P_o égal à 6 *kg* et P à 4,5 *kg;*

$S_r = S_i = S_j = 31$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 63 *mm;*

$S_o = 8$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 32 *mm;*

$S_o' = 3,14$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 20 *mm;* et

$S_k = 4,9$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 25 *mm*, calculer les valeurs à donner à Z, pendant la marche du train, et à S_i.

Calcul de Z en cours de route. — En faisant, dans l'équation (120), $z = 4,5$, il vient :

$$Z = \frac{3,1}{31} (6 - 4,5) + 4,5 = 4,65 \text{ kg}.$$

Calcul de S_i. — Puisque $Z - z$ est toujours plus grand que zéro, et qu'il croît lorsque z décroît, on obtiendra une valeur maxima de S_i, en faisant, dans (121) : $z = P = 4,5$, Z égal à la valeur 4,65, qu'on vient de trouver, et r égal aux frottements à vaincre.

Ceux-ci auront pour valeur, en admettant provisoirement que i et j sont de même diamètre :

$$\pi \times 6,3 \times 0,7 (4,5 + 4,65) \times 0,15 = 19 \text{ kg}.$$

On a donc, comme valeur minima de S_i :

$$S_i > \frac{(31 - 4,9) 4,5 + 19}{4,65} = 29,21.$$

Cette condition sera remplie si on fait $S_i = 31\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 63 *mm*.

Remarques. — 1° La dépression minima à faire subir à Z, pour que le système *i*, *j*, *k* puisse être abaissé, dans le cas où $z = P$, sera :

$$\frac{19}{31 - 4{,}9} = 0{,}73,$$

valeur inférieure à celle qui correspond au commencement du serrage.

2° Dans le cas où les volumes des espaces situés entre *i* et *r* ne seraient pas assez importants pour donner une stabilité suffisante à la valeur de Z, on pourrait faire communiquer ces espaces avec un petit réservoir régulateur dont le volume serait convenablement établi, tout en restant le plus petit possible

TROISIÈME PARTIE

Freins à vide.

CHAPITRE V

I. — FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DES APPAREILS.

129. — *Appareils spéciaux.* — Le fonctionnement des freins à vide se fait en sens inverse de celui des freins à air comprimé. La raréfaction de l'air est produite au moyen d'*appareils éjecteurs* placés sur la chaudière de la locomotive et dont la commande se fait par un robinet spécial à la disposition du mécanicien. Celui-ci dispose, en outre, d'un second robinet, le *robinet de manœuvre* proprement dit, au moyen duquel l'air atmosphérique peut être introduit dans la conduite générale pour effectuer le desserrage ou le serrage, selon qu'il s'agit de freins à fonctionnement *non automatique* ou de freins à fonctionnement *automatique*.

130. — *Freins non automatiques.* — Avec les freins directs ou non automatiques, la commande de la timonerie est faite, comme dans le cas des freins à air comprimé, au moyen de pistons ou de diaphragmes qui se meuvent dans l'intérieur de cylindres ou de vases à freins placés sous les voitures, reliés par des branchements à une conduite générale aboutissant à l'éjecteur et au robinet de manœuvre.

L'éjecteur n'est mis en action que lorsqu'on veut *effectuer des arrêts* ou des ralentissements. Il crée alors un vide relatif dans l'intérieur de tous les cylindres ou vases à freins, et les freins s'appliquent sous l'action de la pression atmosphérique qui s'exerce à l'extérieur.

Pour *desserrer*, le mécanicien, en ouvrant son robinet de manœuvre, fait pénétrer l'air dans la conduite générale, ce qui ramène tous les pistons ou diaphragmes à la position de *desserrage*.

Comme on peut régler à volonté, entre certaines limites, le degré de raréfaction de l'air dans les cylindres ou dans les vases à freins, soit par le fonctionnement de l'éjecteur, soit en agissant avec le

robinet de manœuvre, on peut, en conséquence, graduer la pression des sabots contre les roues. Les freins à vide non automatiques sont donc *modérables;* mais, comme tout l'air à aspirer des vases ou cylindres à freins doit s'échapper par une ouverture unique, la propagation de l'action s'effectue avec lenteur, et exige, en pratique, au moins un quart de seconde pour se transmettre d'une voiture à l'autre. C'est, sans doute, pour obvier aux inconvénients qui peuvent résulter de cette lenteur, que, sur le matériel de la Compagnie du Nord, on fait usage de deux conduites générales, aboutissant chacune à un éjecteur spécial, placé sur la locomotive. Les deux conduites sont raccordées en queue du train, et les appareils des voitures ne sont branchés que sur une des deux conduites générales. De cette manière, en faisant agir simultanément les deux éjecteurs, on obtient une vitesse de propagation sensiblement égale au double de ce qu'elle serait avec une seule conduite, et correspondant en moyenne à un huitième de seconde environ pour le passage d'une voiture à l'autre.

131. — *Freins automatiques.* — Dans le cas des freins automatiques, il y a, de plus que dans le cas des freins non automatiques, un réservoir placé sous chaque voiture ; certains systèmes comportent, en outre, des appareils distributeurs. Les réservoirs sont destinés à emmagasiner la force à laquelle on doit recourir pour effectuer les serrages.

L'appareil éjecteur se compose, ordinairement, de deux éjecteurs, dont un grand pour raréfier promptement l'air, et un petit pour entretenir, pendant la marche, le vide créé dans la conduite générale et dans les réservoirs. Le petit éjecteur est, en général, à fonctionnement continu.

Lorsque le mécanicien fait pénétrer, dans la conduite générale, l'air atmosphérique, en ouvrant le robinet de manœuvre, les freins s'appliquent. Le desserrage est produit par la mise en action du grand éjecteur.

Lorsqu'il y a rupture d'attelage, l'air pénètre dans la conduite générale, et, les appareils fonctionnant *automatiquement*, les deux tronçons du train sont arrêtés.

Ici, comme dans le cas des appareils à air comprimé, il y a deux catégories de freins automatiques. Dans une catégorie, les deux chambres du cylindre ou du vase sont en communication avec la conduite générale à la position du desserrage. Le serrage s'opère lorsque l'air atmosphérique pénètre dans l'une de ces deux cham-

bres, tandis que l'autre reste en communication avec le réservoir. Il y a d'autres systèmes d'appareils avec lesquels l'air n'est raréfié dans le cylindre que dans une chambre, et qu'au moment du serrage, par le jeu d'un appareil distributeur.

Il est à remarquer que, à l'inverse de ce qui se passe avec l'air comprimé, dans la première catégorie d'appareils, la dépense de force est aussi en proportion avec la pression transmise aux sabots

II. — Description des freins a vide automatiques dont l'usage est le plus répandu.

132. — *Frein Sanders.* — Sous chaque voiture se trouvent placés (fig. 22) deux vases à diaphragme, A et B, dont les tiges agissent en sens opposés et avec des bras égaux, sur un même levier. Sur l'axe de ce levier, se trouvent fixées les commandes de la timonerie.

Comme A est plus grand que B, il s'ensuit que lorsque l'air est au même degré de raréfaction dans les deux vases, le diaphragme A l'emporte sur le diaphragme B et entraine avec lui l'extrémité du levier à laquelle il est relié.

On aurait pu faire A de même surface que B et aider le premier au moyen d'un ressort de rappel. En conséquence, on peut considérer que les deux vases à simple effet correspondent chacun à une chambre de vase à double effet avec un seul diaphragme, dans l'une desquelles se trouverait un ressort de rappel, devant agir lorsque les deux faces du diaphragme seraient soumises à des pressions égales.

L'espace au-dessus de A demeure toujours en communication avec la conduite générale, tandis que, par le jeu d'une soupape de retenue E, l'espace au-dessus de B, espace tenant lieu de réservoir, ne communique avec la conduite générale qu'autant que la raréfaction y est au moins aussi grande que dans l'espace lui-même.

En cours de route, A demeure soulevé et maintient les sabots éloignés des roues, tandis que B est abaissé. Le serrage s'effectue par l'introduction de l'air atmosphérique dans la conduite générale; le desserrage s'obtient en faisant de nouveau le vide, ce qui rétablit la même pression de l'air dans les espaces au-dessus des deux diaphragmes.

133. — *Valeur des pressions exercées pendant le serrage.* — Si on désigne par :

z la pression absolue dans la conduite générale ;

P la valeur minima de z ou pression de marche ;

P_a la pression atmosphérique ;

X la pression absolue dans le réservoir pendant le serrage ;

S_A et S_B les surfaces de respectivement A et B ;

V_R le volume de la chambre-réservoir pendant le serrage ;

V_c le volume engendré par le diaphragme B, lorsqu'il passe de la position de desserrage à la position de serrage ;

p la valeur de la force à transmettre au levier par la tige du diaphragme B, pour amener les sabots en contact avec les roues, mais sans produire aucun serrage,

On aura pour l'expression générale de la force transmise à l'extrémité du levier :

$$y = S_B (P_a - X) - S_A (P_a - z) \qquad (123)$$

et la valeur de X sera donnée par

$$X = \left(1 + \frac{V_c}{V_R}\right) z_0. \qquad (124)$$

La valeur de y sera maxima pour $z = P_a$, et la valeur effective maxima sera

$$y_m = S_B (P_a - X) - p.$$

En faisant, dans (123), y égal à p, il vient :

$$z_1 = P_a - \frac{S_B (P_a - X) - p}{S_A} \qquad (125)$$

Le frein Sanders sera donc modérable et sa pression pourra être graduée en faisant varier z, entre les limites z_1 et P_a.

De même que dans les freins à vide non automatiques, la propagation du serrage se fera avec lenteur, car l'air qui doit remplir tous les vases devra pénétrer uniquement par le robinet de manœuvre.

134. — *Frein Clayton.* — Sous chaque voiture se trouve un vase-réservoir contenant intérieurement un cylindre dans lequel se meut le piston moteur (fig. 23). Ce vase est monté sur deux tourillons qui lui permettent d'osciller de façon à maintenir pendant le mouvement du piston le parallélisme entre sa tige et les génératrices du cylindre ; pour faciliter ces oscillations, le vase est, en outre,

relié à la conduite générale, au moyen d'un tube flexible. L'étanchéité du joint dans lequel glisse la tige du piston est assurée par une garniture de cuir embouti que fait voir la figure.

Entre la chambre supérieure ou réservoir et la conduite générale se trouve une *soupape dont le boulet* vient intercepter le passage de l'air, dès qu'il tend à s'introduire dans cette chambre.

Pendant la marche du train, les deux faces du piston moteur restent soumises à des pressions égales : le piston se maintient alors à la position de desserrage vers laquelle il est sollicité par son propre poids et par celui d'une partie de la timonerie.

L'introduction subite d'une certaine quantité d'air de l'extérieur dans la conduite générale a pour effet de faire monter le piston qui se meut par suite de la différence des pressions exercées sur ses deux faces, et le serrage s'effectue. La remise en action de l'appareil éjecteur détermine le desserrage.

En conservant les mêmes désignations que dans le § 133, on obtient successivement, en appelant S_p, la surface du piston :

$$y = S_p (z - X)$$

$$y_m = S_p (P_a - X) - p$$

et

$$z_1 = X + \frac{p}{S_p}$$

X ayant la valeur donnée par l'équation (124).

Le serrage pourra donc être gradué en faisant varier z entre z_1 et P_a. Le frein sera donc modérable, mais on peut lui reprocher, comme au frein Sanders, la lenteur de propagation de l'action.

Frein automatique Eames.

135. — *Description.* — Le frein *Eames* est la combinaison d'un appareil *non automatique* avec un appareil *automatique*, et dont le fonctionnement présente une certaine analogie avec celui du frein à air comprimé *Westinghouse-Henry*.

Chaque voiture porte un vase à diaphragme, un réservoir, un distributeur, une boîte à clapets et deux conduites; l'une de ces conduites correspond au fonctionnement direct et l'autre correspond au fonctionnement automatique. La figure 24 représente l'ensemble de ces appareils.

On voit qu'avec le frein direct il y a serrage lorsque l'air de la conduite D est raréfiée, et desserrage lorsqu'il est à la pression atmosphérique. Avec le frein automatique, il y a, au contraire,

serrage lorsque la pression dans la conduite A est égale à la pression atmosphérique, et desserrage lorsque l'air y est raréfié.

136. — *Fonctionnement.* — Pendant la marche, le vide est maintenu dans la conduite A du frein automatique, ainsi que dans le réservoir avec lequel cette conduite est alors en communication; tandis que les clapets de N laissent le vase dépressible communiquer librement avec la conduite D.

Avec le frein non automatique ou modérable. — L'aspiration produite dans la conduite D, à travers la boîte à clapets N, a pour effet de faire rentrer le diaphragme dans le vase par suite de la pression atmosphérique qui s'exerce à la face extérieure du diaphragme, et le *serrage* des freins en est la conséquence. Le *desserrage* a lieu lorsqu'on laisse rentrer l'air dans la même conduite générale D.

Avec le frein automatique. — Lorsque l'air est admis dans la conduite A, soit par la manœuvre du mécanicien, soit pour toute autre cause, telle que rupture d'attelage, les organes mobiles du distributeur s'abaissent en fermant toute communication entre la conduite A et le réservoir, tandis que celui-ci est mis en communication avec le vase, par la boîte N, dont les clapets s'abaissent de façon à fermer la communication entre le vase et la conduite D. Aussitôt l'air du vase se détend dans le réservoir et le diaphragme rentrant dans le vase produit le *serrage*, en même temps que la pression exercée sur le diaphragme du distributeur empêche la soupape S de se lever et, par suite, prévient toute rentrée d'air dans le réservoir.

Le *desserrage* est produit par l'aspiration de l'air par la conduite A. Alors la soupape S se lève et l'air extérieur peut rentrer librement dans le vase à freins dont il fait descendre le diaphragme.

137. — *Remarques sur le fonctionnement de l'appareil.* — Le frein automatique n'est point modérable, comme il est facile de s'en rendre compte; mais, comme il suffit de faire rentrer de très petits volumes d'air dans la conduite A pour déterminer le serrage, son action est très rapide. *Lors donc qu'on veut obtenir une grande puissance de serrage, on fait agir simultanément les deux freins;* le frein automatique agit le premier et l'action de l'éjecteur, s'exerçant avec toute son énergie par la conduite directe, vient accroître la raréfaction de l'air dans les vases, et la pression exercée contre les roues augmente en conséquence.

S'il se produisait un arrêt intempestif, par suite d'une rupture

dans la conduite automatique, *le mécanicien n'aurait qu'à faire fonctionner le frein direct*, ce qui produirait l'équilibre sur les clapets de la boîte N, lesquels seraient alors soulevés par l'action du ressort; puis, laissant rentrer lentement l'air par la même conduite directe, il remplirait les vases et produirait le desserrage, *sans avoir eu à descendre de la machine pour obtenir ce résultat*. Il est vrai qu'il ne resterait plus alors que le frein non automatique pour continuer la route.

Un examen de la figure 24 fait voir que dans le frein automatique *un accident survenu au diaphragme d'un vase quelconque dans un train ne cause pas d'arrêt intempestif et n'empêche point l'efficacité des vases restés intacts.*

Pour la descente de longues pentes, le frein direct seul est utilisé d'une façon continue, *tandis que le frein automatique reste toujours en réserve pour les cas d'urgence ou de rupture d'attelage.*

138. — *Valeur de la pression pendant le serrage.* — Dans l'emploi du frein automatique seul, la valeur de la pression dans le réservoir et sur un côté du diaphragme est exprimée par

$$X = z_0 + P_a \frac{V_c}{V_R},$$

en conservant les mêmes notations que celles qui sont employées dans le paragraphe 133.

CHAPITRE VI

Frein à vide automatique et modérable du nouveau système.

I. — DESCRIPTION ET ÉTUDE DU DISTRIBUTEUR.

139. — *Ensemble des appareils et fonctionnement général.* — Dans ce système, il n'y a qu'une seule conduite générale, et les voitures portent toutes un distributeur, un réservoir et un vase ou cylindre à freins (Fig. 25).

Pendant la marche du train, le réservoir est en communication avec la conduite générale, de laquelle l'air est constamment aspiré par un éjecteur à jet continu. Pendant ce temps, le vase à freins est en communication avec l'extérieur.

Pour déterminer le serrage, le mécanicien ferme l'éjecteur en même temps qu'il laisse pénétrer l'air de l'extérieur dans la con-

duite. Cette introduction d'air fait fonctionner le distributeur, qui met le vase à freins en communication avec le réservoir, tandis que toute communication est interrompue entre celui-ci et la conduite générale.

Pour desserrer, l'éjecteur est remis en marche, ce qui ramène les différents organes de l'appareil à la position de marche.

140. — *Distributeur.* — Le distributeur représenté par la figure 26 se compose, comme dans le cas de l'air comprimé, d'un système qui règle le serrage et d'un autre qui règle le desserrage.

Le premier système porte deux pistons m, n et un clapet a s'appliquant de bas en haut pour régler le passage de l'air qui se rend du vase au réservoir.

Le *deuxième système* contient également deux pistons p et q et porte, en outre, un piston f qui, dans sa position inférieure, laisse communiquer le vase avec l'extérieur au moyen de rainures pratiquées dans la paroi, tandis que, dans sa position supérieure, il ferme le vase à l'air extérieur. Tous les pistons sont munis de garnitures de cuir embouti dont les bords sont tournés comme l'indique la figure.

Pendant le *serrage*, le système p, q, f est maintenu à l'extrémité supérieure de sa course.

Le distributeur peut, sans inconvénient, être retourné de haut en bas.

141. — *Equilibre du système* m, n, a, *et résultante des pressions exercées sur le système* p, q, f. — En conservant à S_a, S_n, S_m, S_f, S_p, S_q, P_a, V_n, V_c, V_e, les mêmes significations que dans les paragraphes 39 et suivants, et en désignant, en outre, par :

z, la pression absolue dans la conduite générale ;

P, le minimum de cette pression, ou la pression de marche ;

x et y, les pressions absolues dans, respectivement, le réservoir et le vase ou cylindre à freins, on peut écrire les relations suivantes :

1° *Relativement à l'équilibre du système* m, n, a :

$$(S_n - S_a)\,x - (S_m - S_a)\,y - S_n\,z + S_m\,P_a = 0, \qquad (126)$$

d'où

$$y = \frac{(S_n - S_a)\,x - S_n\,z + S_m\,P_a}{S_m - S_a}, \qquad (127)$$

et

$$(V_c + V_e)\,P_a + V_n\,P = V_n\,x + V_c\,y,$$

d'où on tire, après réductions :

$$x = \frac{V_c + V_e}{V_n} P_a - \frac{V_e}{V_n} y + P; \qquad (128)$$

Lorsqu'on fait dans cette équation $x = y = X$, il vient, après réduction, pour valeur de X :

$$X = \frac{\frac{V_c + V_e}{V_n} P_a + P,}{1 + \frac{V}{V_c}} \qquad (129)$$

à la condition de ne jamais perdre de vue que cette valeur n'est applicable que pendant que le diaphragme du vase ou le piston du cylindre à freins maintient les sabots des freins en contact avec les roues;

2° *Relativement à la résultante des pressions exercées sur le système* p, q, f :

$$R = S_p z - S_f P_a - (S_p - S_q) X + (S_f - S_q) y, \qquad (129\ bis)$$

équation qui devient, si on fait $S_p = \frac{S_n}{\lambda}$, $S_q = \frac{S_a}{\lambda}$,

$$\lambda R = S_n z - \lambda S_f P_a - (S_n - S_a) X + (\lambda S_f - S_a) y;$$

lorsqu'on ajoute au deuxième membre de cette égalité le deuxième membre de l'équation (126) qui est égal à zéro, il vient, après réductions :

$$\lambda R = (S_m - \lambda S_f)(P_a - y),$$

d'où :

$$R = \left(\frac{S_m}{\lambda} - S_f\right)(P_a - y). \qquad (130)$$

Serrage.

142. — *Conditions requises pour qu'il y ait commencement de serrage.* L'air du vase à freins ne pourra se rendre dans le réservoir que lorsque l'on aura augmenté dans la conduite générale la pression d'une quantité supérieure à celle qui forcera le clapet *a* à se détacher de son siège, et qui a pour expression :

$$- P = \frac{S_a}{S}(P_a - P),$$

d'où :

$$z_0 = \frac{S_a}{S_n}(P_a - P) + P. \qquad (131)$$

De même f ne fermera la communication entre le vase et l'extérieur, pour une pression égale à z_0 dans la conduite générale, qu'autant qu'on aura :

$$z_0 \leqq \frac{S_q}{S_p}(P_a - P) + P.$$

En pratique on adopte l'égalité :

$$\frac{S_q}{S_p} = \frac{S_a}{S_n},$$

comme dans le cas des freins à air comprimé

143. — *Pression dans le vase ou cylindre à freins.* — La dérivée de y dans l'équation (127) est :

$$y' = \frac{-S_n}{S_m - S_a}.$$

Cette dérivée est positive pour $S_m - S_a < 0$; par conséquent y croît avec z, ce qui indique que dans ce cas l'équilibre ne pourra jamais exister et *que le vase et le réservoir resteront vases communiquants à partir du moment où la pression dans la conduite générale a atteint la valeur* z_0.

L'appareil n'est point modérable dans ce cas.

Pour $S_m - S_a = o$, y devient infini. Ce cas rentre donc dans le précédent, surtout lorsqu'on néglige le terme $\frac{V_e}{V_n} y$.

La dérivée y' est négative pour $S_m - S_a > 0$, c'est-à-dire que y décroît lorsque z croît. La puissance de serrage augmente en conséquence avec la pression dans la conduite générale. L'appareil peut donc alors permettre de graduer le serrage des freins. C'est le seul cas qu'il importe d'examiner.

144. — *Cas de* $S_m - S_a > 0$. — Si dans l'équation (127) on fait $x = X$, il viendra :

$$y = \frac{(S_n - S_a)X - S_n z + S_m P_a}{S_m - S_a} \qquad (132)$$

et cette équation pourra être substituée à l'équation (127).

Si dans (132) on fait $z = P_a$, on obtiendra pour y une valeur correspondant au serrage à fond ou bien une valeur inférieure à la

pression réelle et possible dans le vase à freins, selon le cas. La valeur ainsi obtenue est :

$$y = \frac{(S_n - S_a)\,X - (S_n - S_m)\,P_a}{S_m - S_a}. \qquad (133)$$

Si on y considère S_n comme une variable, la dérivée par rapport à cette variable sera :

$$y'_{S_n} = \frac{X - P_a}{S_m - S_a},$$

valeur toujours négative dans l'hypothèse considérée de $S_m - S_a > 0$. Donc la fonction y est décroissante par rapport à la variable S_n.

En conséquence, puisque pour $S_m = S_n$, y devient égal à X, pour $S_n - S_m > o$ la valeur de y sera plus petite que X, et y sera plus grand que X au cas où on aurait $S_n - S_m < 0$. Il y a donc lieu d'examiner séparément chacun des trois cas :

$$1^o\ S_n - S_m = 0,$$
$$2^o\ S_n - S_m < 0,$$
$$3^o\ S_n - S_m > 0.$$

1° Cas de $S_m - S_n = 0$. — Dans ce cas l'équation (132) devient :

$$y = X + \frac{S_n}{S_n - S_a}(P_a - z). \qquad (134)$$

Si on désigne par p la valeur de y correspondant à la mise en contact, sans pression, des sabots contre les roues, la valeur correspondante de z qui sera désignée par z_p est :

$$z_p = P_a - (p - X)\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right). \qquad (135)$$

Comme, d'un autre côté, y devient égal à X, lorsque $z = P_a$, il s'ensuit que le *serrage pourra être gradué quand on fera varier z entre* z_p *et* P_a. La pression de serrage sera nulle pour $z = z_p$ et elle atteindra son maximum pour $z = P_a$, de sorte que l'étendue de la modérabilité pourra être exprimée par :

$$M = P_a - z_p = (p - X)\left(1 - \frac{S_a}{S_n}\right) \qquad (136)$$

2° Cas de $S_n - S_m < 0$. — L'appareil serait encore modérable ; mais, comme pour $z = P_a$, on obtient pour y une valeur plus grande

que X, il y aura rarement lieu de faire usage de distributeurs qui soient dans ce cas.

3° *Cas de* $S_n - S_m > 0$. On a vu que la valeur obtenue pour y, lorsque $z = P_a$, est, dans ce cas, plus petite que X.

Le résultat indique que le serrage à fond s'effectue pour une valeur de z :

$$z_1 < P_a$$

dont on obtient l'expression en faisant $y = X$ dans (132) et en résolvant par rapport à z, ce qui donne :

$$z_1 = \frac{(S_n - S_m)\,X + S_m\,P_a}{S_n} = X + \frac{S_m}{S_n}(P_a - X). \quad (137)$$

De même, en faisant $y = p$, dans la même équation (132), on trouve :

$$z_p = \frac{(S_n - S_a)\,X - (S_m - S_a)\,p + S_m\,P_a}{S_n}. \quad (138)$$

Le rapport $\frac{S_m}{S_n}$, donné en fonction de z_1 se trouve donc être :

$$\frac{S_m}{S_n} = \frac{z_1 - X}{P_a - X}. \quad (139)$$

L'appareil sera modérable et la pression transmise aux sabots variera avec z ; elle sera nulle pour $z = z_p$ et sera égale à X pour $z = z_1$.

145. — *Valeur de la résultante* R *de l'égalité* (**129** *bis*) *pendant le serrage.* — La dérivée par rapport à z de la fonction R, équation (**129** *bis*), est :

$$R' = S_p - (S_f - S_q)\,\frac{S_n}{S_m - S_a}. \quad (140)$$

Si on fait :

$$S_n = \lambda\,S_p,$$

cette dérivée a pour expression :

$$R' = \frac{S_n}{\lambda} - \left(S_f - \frac{S_a}{\lambda}\right)\frac{S_n}{S_m - S_a}.$$

R étant nul pendant le desserrage, il faut, pour le bon fonctionnement de l'appareil, que sa valeur soit croissante en même temps que celle de z, c'est-à-dire qu'il faut que R' soit positif, ce qui est exprimé par la condition :

$$\frac{S_n}{\lambda} - \left(S_f - \frac{S_a}{\lambda}\right)\frac{S_n}{S_m - S_a} > 0, \quad (141)$$

laquelle est toujours satisfaite, quelles que soient les valeurs de $\frac{S_m}{S_a}$ *ou de* $S_m - S_a$, *lorsqu'on a :*

$$S_m > \lambda S_f. \qquad (142)$$

Desserrage.

146. — *Condition du desserrage.* — Lorsqu'on veut desserrer après avoir produit le serrage à un degré quelconque pour lequel le système m, n, a est en équilibre, il faut réduire la pression z de l'air dans la conduite générale, afin que l'air puisse s'introduire de l'extérieur dans le vase ou le cylindre à freins, et y produire le desserrage. Comme à ce moment, m, n, a est, par hypothèse, à l'état d'équilibre, il faut que le clapet a vienne s'appliquer et obturer le passage entre le cylindre ou vase à freins et le réservoir avant que toute rentrée d'air soit possible par les rainures de la paroi autour du piston f; à partir de ce moment, la résultante qui fera appliquer le clapet a augmentant lorsque z diminue, la fermeture de la communication entre le vase et le réservoir restera assurée.

Une diminution infiniment petite Δz dans la valeur de z crée une force égale à :

$$\Delta z S_n$$

s'exerçant de bas en haut sur le système m, n, a, en même temps qu'il se produit un accroissement Δy, lequel donne naissance, à son tour, à une force égale à :

$$\Delta y\ (S_m - S_a),$$

qui agit sur le même système m, n, a et le sollicite de haut en bas.

Pour que a puisse toujours rester appliqué, quel que soit le degré de serrage qui ait été produit, il faut donc qu'on ait :

$$\Delta z S_n - \Delta y\ (S_m - S_a) > 0$$

ou :

$$\frac{\Delta y}{\Delta z} < \frac{S_n}{S_m - S_a}$$

et, à la limite :

$$y' < \frac{S_n}{S_m - S_a} \qquad (143)$$

Puisqu'il n'y a pendant le serrage aucune communication entre

le réservoir et le vase à freins, la valeur de y dépend seulement du fonctionnement du système p, q, f.

Or, au moment du serrage correspondant à une pression y_a, dans le vase à freins, la résultante R a pour expression :

$$R_a = S_p z_a - S_f P_a - (S_p - S_q) X + (S_f - S_q) y_a,$$

de laquelle on tire :

$$z_a = \frac{R_a + S_f P_a + (S_p - S_q) X - (S_f - S_q) y_a}{S_p} \qquad (144)$$

Le desserrage ne pourra commencer qu'autant qu'on aura réduit la pression z_a à une valeur $z_{a'}$, qui correspond à $R = 0$ en sorte qu'on a l'écart :

$$z_a - z_{a'} = \frac{R_a}{S_p}, \qquad (145)$$

pour *assurer la stabilité du serrage.*

Pendant toute la durée du serrage, la valeur de y correspond à l'équilibre de p, q, f, et a pour expression :

$$y = \frac{(S_p - S_q) X + S_f P_a - S_p z}{S_f - S_q}, \qquad (146)$$

dont la dérivée par rapport à z est :

$$y' = \frac{-S_p}{S_f - S_q}, \qquad (147)$$

en sorte que la condition exprimé par l'inégalité (143) devient :

$$\frac{-S_p}{S_f - S_q} < \frac{S_m}{S_m - S_a},$$

qui est satisfaite toutes les fois qu'on a :

$$S_m > \lambda S_f,$$

comme dans le cas du serrage. (*Voir* § 54).

147. — *Étendue de la modérabilité dans le desserrage.* — En faisant $y = P_a$ dans l'équation (146) et résolvant par rapport à z, on obtient une valeur :

$$z_d = \frac{(S_p - S_q) X - (S_f - S_q) P_a + S_f P_a}{S_p}, \qquad (148)$$

correspondant au desserrage complet.

Le desserrage commençant avec z_a et se terminant ainsi avec $z = z_d$, il résulte que l'étendue dans laquelle on peut le graduer est représentée par :

$$M = z_a - z_d = \frac{S_f - S_q}{S_p} (P_a - y_n). \qquad (149)$$

M est d'autant plus considérable que S_f est lui-même plus grand.

II. — Application des formules pour l'établissement des dimensions du distributeur.

148. — *Modèle unique*. — Ce modèle est établi en vue d'obtenir un appareil dont la modérabilité sera la plus grande possible.

Les données sont (P_a étant égal à 1) :

$V_n = 100\ l$;

$V_c = 10$;

$V_e = 7$;

$P = 0{,}3$;

$p = 0{,}925$;

$S_p = S_n = 63{,}61\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 90 *mm* ;

$S_q = S_a = 12{,}5\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 40 *mm*, et $z_1 = 0{,}95$;

desquelles on déduit d'abord :

$$X = \frac{\frac{10+7}{100} + 0{,}3}{1{,}07} = 0{,}44 \text{ (\textit{voir} éq. 129)},$$

et

$$\frac{S_m}{S_n} = \frac{0{,}95 - 0.44}{P_a - 0{,}44} = 0{,}91,$$

ce qui conduit à :

$$S_m = 0{,}91\ S_n = 57{,}88\ cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 88 *mm*.

La valeur de z_1 a été ainsi adoptée afin que le serrage à fond puisse toujours se faire un peu avant que le vide soit complètement détruit dans la conduite générale, pour les mêmes raisons que celles qui ont été déjà exposées à propos de l'établissement des dimensions du modèle n° 1 de distributeur à air comprimé.

Serrage. — De l'équation (138), on tire la valeur de z_p qui est, après calculs faits :

$$z_p = 0.60\ P_a$$

tandis que :

$$z_1 = 0{,}95\ P_a;$$

l'étendue de la modérabilité est donc égale à :

$$0{,}35\ P_a$$

soit environ :

$$0{,}7\ X.$$

Pour trouver les différentes valeurs de y, lorsqu'on fait varier z, l'équation (132) donne les résultats suivants, P_a étant toujours l'unité de grandeur :

Pour $z = 0{,}60$ on a $y = 0{,}93$
» $z = 0{,}65$ » $y = 0{,}86$
» $z = 0{,}70$ » $y = 0{,}79$
» $z = 0{,}75$ » $y = 0{,}72$
» $z = 0{,}80$ » $y = 0{,}65$
» $z = 0{,}85$ » $y = 0{,}58$
» $z = 0{,}90$ » $y = 0{,}51$
» $z = 0{,}95$ » $y = 0{,}44$

Desserrage. — Comme $\lambda = 1$, si on veut trouver la valeur de S_f, pour R = 2 *kg*, lorsque $y = p$, l'équation (130) donne $S_f = 57{,}88 - 26{,}6 = 31{,}2\ cm^2$ correspondant à un diamètre de 63 *mm*.

Comme le serrage à fond se fait pour $y = 0{,}44$, la valeur maxima de R sera :

$$R = 26{,}6 \times 0{,}56 = 14{,}9\ kg.$$

L'étendue de la modérabilité sera donnée par (149), et égale à :

$$\frac{24{,}5 \times 0{,}56}{63{,}6} = 0{,}21,$$

c'est-à-dire qu'elle sera égale à 30 centièmes de la valeur de $P_a - P$.

Si on voulait augmenter l'étendue de la modérabilité pour le desserrage, on pourait faire $\lambda > 1$, et augmenter en conséquence S_f.

Remarque. — Lorsque les freins ne sont pas appliqués, la force F qui maintiendra ouverte la communication entre le vase et l'air extérieur est égale à :

$$F = (P_a - P)\ S_q = 0{,}7 \times 12{,}5 = 8{,}75\ kg,$$

abstraction faite du poids du système p, q, f, qui est d'environ 1 500 *g*. On peut donc, sans inconvénient, ajouter un ressort d'une tension d'environ 3 *kg* qui augmenterait le minimum de R de 1 500 *g* et réduirait d'autant la valeur de F qu'on vient de

trouver et qui serait ramenée à 5 *kg*. Dans ce cas, la valeur minima de la résultante R serait de 3 500 *g*, et sa valeur maxima de 14 500 *g*.

Le même résultat s'obtiendra plus sûrement, sans ressort, en renversant le distributeur, de telle façon que le système *p*, *q*, *f*, devienne le système inférieur et *m*, *n*, *a* devienne le système supérieur.

149. — *Comparaison du nouveau frein avec les autres appareils.* — Au point de vue de la *sensibilité* et de la *rapidité de la propagation de l'action*, les appareils Soulerin se trouvent sensiblement dans les mêmes conditions que ceux du frein automatique « Eames ».

La propagation dans les systèmes Sanders et Clayton doit être bien plus lente, car le volume d'air qui doit correspondre aux volumes engendrés par tous les diaphragmes ou pistons de tous les appareils du train ne peut pénétrer que par une seule ouverture, celle du robinet de manœuvre du mécanicien.

La *modérabilité* peut s'exercer, avec le frein Soulerin, entre les mêmes limites qu'avec les appareils Sanders et Clayton.

Le frein Eames, à cause de la juxtaposition du frein non automatique, permet, par ce dernier, d'étendre les limites entre lesquelles il est possible de graduer le serrage : mais, cet avantage est atténué par l'addition d'une seconde conduite et d'un second distributeur sous chaque voiture.

La dépense est sensiblement la même pour tous les systèmes de freins à vide « automatiques ». En effet, dans chaque arrêt on introduit une quantité d'air qui doit ramener dans la conduite la pression à une valeur qui varie entre 0,50 et 1, avec les appareils Sanders, Clayton et Soulerin. D'un autre côté, les deux premiers appareils nécessitent l'arrivée dans une chambre des vases d'une quantité d'air qui doit y amener la pression entre 0,50 et 1, selon le cas, la pression moyenne étant, en comptant un serrage à fond sur dix serrages, de 0,75 ; or, la pression de marche étant sensiblement de 0,33, il résulte que la quantité d'air à aspirer après chaque serrage sera en moyenne de 10,25 *l* à la pression atmosphérique. Avec les appareils Soulerin, cette quantité serait de 13 *l* environ. *Mais la dépense de vapeur par l'éjecteur n'est point proportionnelle au degré de vide établi* ; elle dépend du temps pendant lequel l'appareil fonctionne ; or le petit éjecteur fonctionne d'une façon continue dans tous les systèmes de freins à vide automatiques.

QUATRIÈME PARTIE

Freins qui peuvent fonctionner indifféremment par le vide ou par l'air comprimé.

CHAPITRE VII

150. — *Conditions à remplir*: — Une voiture munie d'appareils pouvant fonctionner indifféremment par le *vide* ou par l'*air comprimé* peut entrer dans la composition d'un train dont les freins sont actionnés, soit par le vide, soit par l'air comprimé En conséquence, cette voiture pourrait circuler sur tous les réseaux dans lesquels on fait usage de *freins pneumatiques quelconques*.

Une condition essentielle à laquelle ces appareils doivent satisfaire est que la puissance de serrage soit la même, quel que soit le mode de fonctionnement. — On a vu, en effet, dans l'introduction à cette étude, que les pressions à exercer contre les bandages des roues doivent rester au-dessous de certaines limites desquelles elles doivent, néanmoins, pouvoir approcher.

Une autre condition à remplir, c'est que la manœuvre puisse se faire comme dans le cas des autres freins pneumatiques, et que le fonctionnement soit le même que dans ces derniers.

151. — *Frein Welch et Smith.* — Cet appareil, dont quelques essais ont été faits en Angleterre, n'est point un frein pneumatique proprement dit : il agit sur la timonerie par le poids d'une masse équilibrée, pendant la marche du train, par la pression de l'air comprimé ou par la pression atmosphérique, selon que le fonctionnement se fait par l'air comprimé ou par le vide. Il est disposé pour fonctionner, soit comme frein à vide automatique, soit comme frein à air comprimé automatique, et est représenté par la figure 27.

Sous chaque voiture se trouvent deux conduites distinctes et indépendantes, l'une pour le fonctionnement par l'air comprimé et l'autre pour le fonctionnement par le vide, et un appareil moteur consistant en un plongeur fixé au châssis et en un cylindre

mobile glissant sur ce plongeur et qui par son poids agit sur la timonerie. L'extrémité supérieure du cylindre mobile et l'extrémité inférieure du plongeur portent chacune une garniture qui assure l'étanchéité du joint; l'espace à section annulaire compris entre les deux joints est en communication avec la conduite à air comprimé, tandis que l'espace entre le plongeur et le fond du cylindre communique avec la conduite à vide.

Pendant la marche, le cylindre mobile, qui pèse 210 *kg*, est maintenu au haut de sa course, soit par l'air comprimé, soit par la pression atmosphérique, selon que le fonctionnement se fait par l'air comprimé ou par le vide.

Soit que le mécanicien lâche la charge de la conduite générale, dans le cas du fonctionnement par l'air comprimé, soit qu'il laisse rentrer l'air lorsque le fonctionnement se fait par le vide, la masse mobile descend et transmet aux sabots une pression qui varie naturellement avec la longueur du bras de levier au moyen duquel elle est transmise.

Le desserrage s'effectue lorsque la pression est réintroduite dans la conduite générale, ou lorsque l'air du cylindre est aspiré, selon le cas.

Il est bien évident qu'un tel appareil ne peut être muni de ressort de rappel, aussi est-on obligé d'ajouter un système de vis à main, pour faire remonter le cylindre et le maintenir au haut de sa course, chaque fois qu'il n'y a ni pression atmosphérique, ni air comprimé pour l'équilibrer.

Une voiture de poids moyen munie d'un frein pneumatique quelconque, le frein Westinghouse par exemple, porte un cylindre à freins de 200 *mm* de diamètre, sur chaque piston duquel s'exerce un effort de près de 1 000 *kg* dont 150 environ sont employés à comprimer le ressort de rappel. Chaque piston fait une course qui varie de 75 à 100 *mm*, selon l'état des sabots, ce qui correspond à une course de 150 à 200 *mm* pour un piston unique. Le frein Welch et Smith, pour transmettre sur les roues la même pression que celle qui peut être transmise par le cylindre Westinghouse, *devrait donc avoir une course variant entre :*

$$150\ mm\ \frac{1000 - 150}{210} = 607\ mm,$$

et

$$200\ mm\ \frac{1000 - 150}{210} = 810\ mm.$$

Il serait donc matériellement impossible d'établir l'appareil sous les voitures.

La disposition imaginée par MM. Welch et Smith *ne pourra donc fonctionner avec la même puissance que les autres appareils pneumatiques qu'à la condition que le poids du cylindre mobile soit considérable;* il en résultera donc une dépense importante sans compter un grand surcroît dans le poids mort de la voiture. De plus, le fonctionnement sera différent de celui des appareils pneumatiques généralement employés.

Freins Soulerin.

152. — Ces appareils ne constituent, en réalité, que des combinaisons d'appareils précédemment décrits, l'air comprimé se détendant toujours en se rendant dans le cylindre ou vase à freins, *de façon à ne jamais y exercer qu'une pression sensiblement égale à celle qui peut être obtenue lorsqu'on fonctionne par le vide.* On ne décrira ici que les dispositions qui peuvent se rencontrer le plus fréquemment dans la pratique.

I. — TRANSFORMATION DU FREIN A VIDE DIRECT EN FREIN POUVANT ÊTRE ACTIONNÉ INDIFFÉREMMENT COMME FREIN A VIDE DIRECT OU COMME FREIN A AIR COMPRIMÉ AUTOMATIQUE, LE FONCTIONNEMENT, DANS CE DERNIER CAS, DEVANT ÊTRE SYNCHRONE DE CELUI DU FREIN WESTINGHOUSE.

153. — *Description et fonctionnement.* — Ainsi que l'indique la figure 28, on ajoute sous chaque véhicule : *une conduite à air comprimé munie de ses raccords et robinets*, A′ ; *un réservoir auxiliaire*, R ; *un distributeur n° 4*, S ; *une double valve*, N, et, de plus, on établit à la partie inférieure du vase à diaphragme une chambre A destinée à recevoir l'air comprimé, et dont l'étanchéité est assurée au moyen d'une garniture dans laquelle passe la tige qui commande la timonerie. Le distributeur et la double valve peuvent être séparés ou faire corps ensemble, comme dans la figure.

Fonctionnement par le vide. — Lorsque l'éjecteur fonctionne pour produire le serrage, la double valve ferme toute communication entre l'extérieur et la chambre V, dont l'air est rarefié, tandis que la pression atmosphérique s'exerce en A, en pénétrant autour de la garniture de la tige de commande et par le distributeur ; lors-

qu'on effectue le desserrage, l'air qui avait pénétré en A s'échappe à l'extérieur par le distributeur et la double valve ou par la double valve seulement.

Fonctionnement par l'air comprimé. — En marche, le réservoir auxiliaire est rempli d'air comprimé, qui est à la même pression que dans la conduite générale, tandis que la chambre A reste en communication avec l'air extérieur.

Lorsqu'on produit une dépression dans la conduite générale pour effectuer le serrage, l'air du réservoir auxiliaire se rend en se détendant dans la chambre A qui, alors, ne communique plus avec l'air extérieur ; d'un autre côté, la chambre V est mise en communication avec l'extérieur par le jeu de la double valve, en sorte que le diaphragme se soulève et fait appliquer les freins.

Le desserrage s'effectue par la réintroduction de la pression dans la conduite générale ; l'échappement de l'air qui était contenu en A se fait alors par le distributeur, tandis que l'air extérieur entre librement en V par la double valve.

154. — *Distributeur.* — Le distributeur qui est représenté dans la figure 29, est le même que celui qui a été représenté figure 13 et qui a été décrit et étudié aux paragraphes 77 à 93, mais auquel on a ajouté une double valve N avec laquelle il communique par les conduits L et A'.

155. — *Double valve.* — La double valve, représentée en section par N de la figure 29, renferme un système mobile, qui se compose d'un diaphragme ou piston *b*, d'un piston *d* formant clapet, et d'un clapet *c*.

Les chambres A et V du vase à freins correspondent respectivement au conduit A' et à l'orifice V, tandis que l'espace *l* du distributeur communique par L, avec l'espace au-dessous de *d*.

Deux orifices E', pratiqués dans le corps de l'appareil, font communiquer avec l'extérieur l'espace compris entre *d* et *c*.

Enfin, au moyen du levier *t*, sur lequel on agit par des tirettes, on peut vider le vase lorsque les freins se sont appliqués automatiquement.

Fonctionnement par le vide. — Lorsque les freins sont actionnés par le vide, le clapet *c* et le piston *b* s'appliquent, tant contre les les parois, que sur leurs sièges, de façon à empêcher l'air extérieur de pénétrer, par la double valve, dans la chambre V du vase à freins. En même temps, la chambre A communique avec l'air

atmosphérique par l'orifice *e* et l'échappement E′, et l'air qui avait pénétré dans cette chambre pour y agir sous le diaphragme, peut s'échapper librement, au desserrage, lors même que le distributeur ne porterait pas de ressort pour soulever le système *m, n, a, f*.

Fonctionnement par l'air comprimé. — En cours de route, le système *b c d* n'est soumis à aucune action, mais aussitôt que l'air pénètre dans l'espace *l* du distributeur, pour se rendre de là dans le vase à freins et produire le serrage, il agit sur le piston *d* de la double valve, fermant ainsi l'orifice *e*, en même temps qu'il maintient ouverte la communication entre la chambre V du vase à freins et l'air extérieur.

Pendant que le desserrage s'effectue, l'air atmosphérique pénètre librement par E′ et par l'espace existant autour du clapet *c*, dans la chambre V.

Lorsque le distributeur est monté en sens inverse de celui qu'indique la figure, et que le conduit A′ est supprimé, le piston *d* n'a pas besoin d'être muni d'un clapet.

Fonctionnement simultané par le vide et par l'air comprimé. — Il peut arriver que, par suite d'erreur dans l'accouplement des conduites et de circonstances spéciales à certaines exploitations, les freins soient actionnés simultanément par le vide et par l'air comprimé. Dans ces cas, on peut donner aux pistons *d* et *b* des dimensions telles que les véhicules restent freinés par le vide, l'air comprimé se dépensant sans effet, et *vice versâ*.

Étude de la double valve. — Si on représente par S_d, S_b, S_c les surfaces respectives de *d*, *b* et *c*, en conservant pour le surplus les notations déjà adoptées et en tenant compte que, dans le fonctionnement par le vide, la pression désignée par *z* est la pression absolue de l'air raréfié, on obtient les valeurs suivantes des résultantes qui agissent sur le système.

Pour le cas du *fonctionnemement par le vide :*

$$\rho_0 = (S_b - S_c)\ (P_a - z);$$

Pour le cas du *fonctionnement par l'air comprimé :*

$$\rho_1 = S_d\, y\,;$$

et pour le cas du *fonctionnement simultané* par l'air comprimé et par le vide :

$$\rho_2 = (S_b - S_c)\ (P_a - z) - S_d\, y. \qquad (150)$$

Application numérique. — Les données étant les mêmes que dans le cas du distributeur et, en outre, S_d étant ici égal à 8 *cm²*, correspondant à un diamètre de 32 *mm*, et en admettant que la valeur minima de z dans le fonctionnement par le vide soit de 0,5 *kg* par centimètre carré, correspondant à un vide de 38 *cm* de mercure, calculer b et c, de façon que dans le fonctionnement simultané par le vide et par l'air comprimé, les freins soient maintenus appliqués par le vide.

Pour obtenir une solution, il suffit de reporter dans l'équation (150) les valeurs connues de $P_a - z$ et de $S_d y$, ce qui donne :

$$\rho = (S_b - S_c)\, 0{,}5 - 8 \times 3{,}7.$$

Si on veut que la résultante ρ soit égale à 9 *kg*, par exemple, il vient :

$$S_b - S_c = \frac{36{,}6}{0{,}5} = 73{,}2.$$

Si on fait $S_c = 5$ *cm²* correspondant à un diamètre de 25 *mm*, on trouve pour S_b :

$S_b = 78{,}2$ *cm²*, correspondant à un diamètre de 100 *mm*.

II. — FREIN A VIDE DIRECT OU A AIR COMPRIMÉ AUTOMATIQUE ET MODÉRABLE.

156. — La disposition d'ensemble est identique à celle représentée figure 28.

Le distributeur employé est le modèle n° 2 décrit au paragraphe 60, mais portant une double valve N, avec laquelle il communique par les conduits L et A'.

Il est représenté par deux sections perpendiculaires dans les figures 30 et 31.

La double valve N est la même que celle de la figure 29 décrite précédemment.

Le fonctionnement général est analogue à celui qui a été expliqué au paragraphe 153.

III. — TRANSFORMATION DU FREIN A VIDE DIRECT EN FREIN POUVANT ÊTRE ACTIONNÉ INDIFFÉREMMENT COMME FREIN A VIDE DIRECT OU COMME FREIN A AIR COMPRIMÉ, TANTÔT AUTOMATIQUE, TANTÔT DIRECT, LE FONCTIONNEMENT PAR L'AIR COMPRIMÉ DEVANT SE FAIRE COMME DANS LE FREIN WESTINGHOUSE-HENRY.

157. — *Description et fonctionnement général.* — L'ensemble du montage des appareils est représenté par la figure 32; on ajoute sous chaque voiture deux conduites à air comprimé A′ et D, un réservoir auxiliaire R, un distributeur S et une double valve N en tout semblables au distributeur n° 4 représenté figure 13 et à la double valve représentée figure 29; il y a, de plus, une double valve supplémentaire N′. On a aussi établi une chambre A à la partie inférieure du vase à diaphragme. N, S et N′ peuvent être séparés ou former un ensemble, comme dans la figure 33.

Fonctionnement par le vide. — Pendant le serrage, la double valve N ferme toute communication entre l'air extérieur et la chambre V, tandis qu'elle fait, au contraire, communiquer la chambre A du vase à diaphragme avec l'extérieur.

Fonctionnement par l'air comprimé. — 1° *Fonctionnement du frein automatique.* — Le fonctionnement du frein automatique se fait comme il est dit au paragraphe 153, le jeu de la double valve N′ n'intervenant pas. — 2° *Fonctionnement du frein direct.* — Pendant le serrage du frein direct, le jeu de la double valve N′ maintient fermée la communication entre la chambre A et l'échappement du distributeur. — Cet échappement est, au contraire, ouvert pendant le desserrage et livre passage à l'air qui avait pénétré en A pour effectuer le serrage.

158. — *Double valve N′.* — La double valve N′ de la figure 33, qui se place entre le distributeur et la chambre A du vase à diaphragme, comporte intérieurement un système mobile composé de deux pistons P et Q, munis de garnitures de cuir embouti et d'un clapet F. La conduite du frein direct à air comprimé arrive en D, tandis que l'espace compris entre P et Q communique par un conduit *l′ l′* avec l'espace *l* du distributeur.

Fonctionnement. — Pendant toute la durée du fonctionnement du frein automatique, le système P, Q, F, est repoussé vers la gauche de façon à maintenir ouvert le passage qui mène de *g* à *g′*. Dans le

cas du fonctionnement par le frein direct, l'air comprimé qui arrive de D *pour effectuer le serrage* se rend par *l' l'* dans l'espace *l* du distributeur, en passant autour de la garniture de P, et arrive par le détendeur dans la chambre A du vase à diaphragme ; le clapet F est alors appliqué contre son siège et ferme la communication entre la chambre A et l'échappement E du distributeur. Lorsqu'on réduit la pression dans la conduite générale, *pour effectuer le desserrage*, le clapet F cesse de s'appliquer et livre passage à l'air qui s'échappe à l'extérieur. Mais, comme en même temps la pression diminue dans l'espace compris entre P et Q, le clapet F est de nouveau repoussé contre son siège, par la pression restant dans la conduite générale ; en sorte qu'on peut graduer le desserrage aussi bien que le serrage.

Si on désigne par S_r, S_0 et S_r les surfaces respectives de P, Q et F, la force R qui fera appliquer le clapet *F* aura pour expression :

$$R = S_r\, z - (S_r - S_Q)\, y + (S_r - S_Q)\, y'. \qquad (151)$$

Dans le cas ordinaire où on fait $S_r = S_0$, cette expression devient :

$$R = S_r\, z - (S_r - S_Q)\, y. \qquad (152)$$

Il est facile de voir que pour $R = 0$, z et y diffèrent d'autant moins que $S_r - S_0$ est plus grand.

Dans la pratique, on peut faire $S_0 = 3{,}8\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 22 *mm.*, et $S_r = 31\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 63 *mm.*

IV. — MODIFICATION A FAIRE SUBIR AU DISTRIBUTEUR MODÈLE N° 4 (FIG. 13) POUR QUE LES APPAREILS PUISSENT FONCTIONNER TANTÔT COMME LE FREIN WESTINGHOUSE, TANTÔT COMME LES FREINS CARPENTER, WENGER OU SCHLEIFER.

159. — *Description de la modification.* — Dans le *distributeur* représenté par la figure 13, on supprime les orifices *o* pratiqués dans l'espace au-dessus de *n'* ; on relie par un conduit *k* cet espace avec l'espace au-dessous de *n*. Sur ce conduit se trouve un simple robinet à trois voies qu'on manœuvre à la main, et qui permet soit de maintenir la communication entre l'espace au-dessus de *n'* et l'extérieur, comme dans le cas déjà étudié, soit de faire communiquer le dessus de *n'* avec le dessous de *n*. — Dans ce dernier cas, le seul qui reste à examiner, l'application des freins est plus lente, mais elle peut être graduée comme avec les freins Carpenter, Wenger ou Schleifer.

Le robinet à trois voies est construit de façon à pouvoir être ramené automatiquement à la position *normale* qui met l'espace au-dessus de *n'* en communication avec l'extérieur; il ne peut être maintenu dans l'autre position, ou position *anormale*, qu'après y avoir été fixé, à la main, d'une manière quelconque.

Le distributeur ainsi modifié qui est monté, soit avec la double valve N seule, soit avec les doubles valves N et N', selon le but à atteindre, est représenté par la figure 34, qui en est une coupe faite suivant un plan perpendiculaire à celui de la section représentée figure 13.

160. — *Fonctionnement du distributeur lorsque le robinet à trois voies est dans sa position anormale.* — Lorsque le robinet à trois voies est maintenu dans sa position anormale, le fonctionnement par le *vide* se fait exactement comme dans le cas où le robinet à trois voies occupe sa position normale. Le fonctionnement par l'air comprimé se fait de la manière suivante :

En cours de route, l'air comprimé remplit le conduit *k* ainsi que les espaces au-dessus de *n'* et au-dessous de *n*, et le réservoir auxiliaire.

Une dépression produite dans la conduite générale fait descendre le système *n*, *a*, *m*, *f* de façon à fermer l'échappement, tandis que *n'*, *a'*, *m'*, est soulevé et livre passage à l'air qui se rend dans le vase à diaphragme pour produire le serrage des freins.

La réintroduction de la charge dans la conduite générale ramène *n*, *a*, *m*, *f* au haut de sa course, et, l'air comprimé contenu dans le vase à diaphragme s'échappant, le desserrage s'effectue.

Pendant toute la durée du fonctionnement par l'air comprimé, la face concave du piston *d* de la double valve N et l'espace compris entre P et Q de la double valve N' communiquent avec le réservoir auxiliaire; alors la chambre V du vase à diaphragme est toujours en communication avec l'air extérieur, et les conduits *g* et *g'* du distributeur communiquent toujours entre eux.

Lorsqu'un véhicule est retiré d'un train à fonctionnement par *l'air comprimé*, il sera préférable, avant de l'intercaler dans un train à fonctionnement par le vide, de ramener le robinet à trois voies à sa position normale; l'air comprimé qui remplissait l'espace *l* du distributeur et la double valve N pourra s'échapper alors à l'extérieur.

Étude du distributeur lorsque le robinet à trois voies est dans sa position anormale.

161. — *Équilibre du système* m′, n′, a′. — Pendant le serrage et lorsque le système m', n', a' est en équilibre, les équations (18) et (19), dans lesquelles on remplace S_m par $S_{m'}$, S_n par $S_{n'}$, et S_a par $S_{a'}$, donnent les valeurs de la pression dans le réservoir auxiliaire et dans le vase à diaphragme, en fonction de la pression z dans la conduite générale.

162. — *Pressions exercées sur le système* n, a, m, f. — La résultante R, des pressions exercées par le système n, a, m, f, a pour expression :

$$R = (S_n - S_m)\, x - S_n z + S_f y, \qquad (153)$$

fonction qui est croissante lorsque z décroît, puisque sa dérivée par rapport à z est négative.

Pendant la marche du train $P = x = z$, et $y = 0$, en sorte que la résultante a pour valeur :

$$R_0 = - P \times S_m. \qquad (154)$$

163. — *Conditions requises pour obtenir un commencement de serrage* — Pour obtenir un commencement de serrage il faut évidemment produire une dépression $P\text{-}z_0$ telle qu'on ait :

$$P - z_0 = \frac{S_{a'}}{S_{n'}} P + \frac{F_D}{S_{n'}}$$

d'où :

$$z_0 = P\left(1 - \frac{S_{a'}}{S_{n'}}\right) - \frac{F_D}{S_{n'}}, \qquad (155)$$

F_D désignant toujours l'ensemble des résistances passives à vaincre.

Il va sans dire que, comme dans le cas du paragraphe 81, le rapport $\frac{V_R}{V_c}$ doit être tel que pour $z = z_0$, on ait y égal ou supérieur à p dans le système d'equations (18) et (19).

Le serrage à fond correspond à $z = 0$.

164. — *Condition requise pour que le desserrage puisse se produire.*— La condition requise pour que le desserrage puisse se produire est :

$$(S_n - S_m)\, x - S_n z + S_f y + F'_d < 0 \qquad (156)$$

d'où :

$$z > x - \frac{S_m x - S_f y - F'_d}{S_n}, \qquad (157)$$

dans laquelle F'_d représente l'ensemble des résistances passives.

165. — *Application numérique au distributeur n° 4, dont les dimensions ont été obtenues paragraphes 85 et suivants, en prenant le cas où le ressort* r *est supprimé, c'est-à-dire où* $S_f = 7{,}9$ cm².

Calcul de z_0. — L'équation (155) donne :

$$z_0 = 4{,}5\left(1 - \frac{3{,}44}{15}\right) - \frac{F_d}{11{,}86} = 3{,}5 - \frac{F_d}{11{,}86},$$

ou mieux :

$$z_0 = 3{,}5,$$

puisque F_D peut être négligé sans erreur sensible.

La dépression à produire pour obtenir un commencement de serrage étant plus considérable que dans le cas de la position normale du robinet à trois voies, il n'y a pas lieu de calculer la valeur minimum à donner au réservoir auxiliaire.

Il est bon de remarquer que le rapport $\frac{S_m}{S_n}$ étant plus petit que le rapport $\frac{S_{a'}}{S_{n'}}$, l'échappement du distributeur sera toujours fermé avant que le clapet a' se soulève.

Valeur maxima de y. — La valeur maxima de y sera sensiblement la même que la valeur maxima trouvée au paragraphe 91 pour y'_m qui est égale à 0,9 *kg*.

Desserrage. — De l'équation (19) on tire, en faisant :

$$\frac{V_R}{V_c} = \frac{40}{18} = 2{,}22;$$

pour $y = p = 0{,}1$:

$$x = \frac{8{,}9}{2{,}22} = 4\ kg;$$

et pour $y = 0{,}9$:

$$x = \frac{8{,}1}{2{,}22} = 3{,}7.$$

D'un autre côté, F'_d se compose, lorsque $y = p$, de :

$$1^o : \pi \times 3{,}2 \times 0{,}7 \times 0{,}15\, x = \quad 4{,}20\ kg$$

pour le frottement du piston m ;

$$2^o : \pi \times 7{,}5 \times 0{,}7 \times 0{,}15\, (x - z) = \quad 2{,}48$$

pour le frottement du piston n, $x - z$ étant évalué à 1 kg, et enfin :

$$3^o \text{ de} \quad 1{,}50$$

pour le poids du système mobile,

ce qui donne $F'_d =$ $\quad 8{,}18\ kg$

Dans le cas où on fait $y = y_m$, F'_d est alors composé de la manière suivante :

$$1^o : \pi \times 3{,}2 \times 0{,}7 \times 0{,}15 \times 3{,}7 = \quad 3{,}89\ kg$$

pour le frottement dû au piston m ;

$$2^o : \pi \times 7{,}5 \times 0{,}7 \times 0{,}15\, (x - z) = \quad 2{,}48$$

pour le frottement dû au piston n ; et 3^o : enfin $\quad 1{,}50$
pour le poids du système.

Soit en tout. $\quad 7{,}87\ kg$

Reportant les valeurs qu'on vient de trouver dans l'équation (108), on a pour les deux cas extrêmes :

$$z > 4 - \frac{8 \times 4 - 1{,}9 - 8{,}18}{39} = 3{,}55\ kg.$$

et

$$z > 3{,}7 - \frac{8 \times 3{,}7 - 7{,}11 - 7{,}87}{39} = 3{,}33\ kg.$$

Quand on aura serré à fond, le desserrage s'effectuera donc dès qu'on aura réintroduit 3,33 kg dans la conduite générale, ou, plutôt dans la pratique, à cause des fuites, environ 3 kg.

166. — *Remarque.* — Un véhicule muni du distributeur modèle n° 4, avec robinet à trois voies, de la double valve N et de la double valve N', *peut entrer dans la composition d'un train quelconque circulant sur les réseaux des chemins de fer français sans interrompre la continuité des freins.*

V. — APPAREILS PERMETTANT D'ACTIONNER LES FREINS INDIFFÉREMMENT, COMME FREINS A VIDE DIRECTS, COMME FREINS A VIDE AUTOMATIQUES, COMME FREINS A AIR COMPRIMÉ AUTOMATIQUES MODÉRABLES OU NON MODÉRABLES, OU COMME FREINS FONCTIONNANT A LA MANIÈRE DU FREIN WESTINGHOUSE-HENRY.

167. — *Description.* — La figure 35 fait voir l'ensemble du montage des appareils sur un véhicule, dans le cas où il y a deux conduites à vide distinctes, l'une pour le fonctionnement automatique, l'autre pour le fonctionnement direct. Dans le cas où il n'y aurait qu'une seule conduite devant servir, tantôt pour le frein à vide direct, tantôt pour le frein à vide automatique, il y aurait lieu d'ajouter un robinet à trois voies.

O et D sont les conduites à air comprimé pour le frein automatique et pour le frein direct, respectivement, tandis que O′ et D′ sont les conduites à vide pour le frein automatique et le frein direct respectivement; A V est un vase ou cylindre à freins avec deux chambres A et V; R est un réservoir auxiliaire qui doit servir alternativement pour le vide et pour l'air comprimé; S est le distributeur modèle n° 4, légèrement modifié, dans lequel *a″* est un clapet ou piston qui ferme l'arrivée de l'air extérieur dans le réservoir auxiliaire, quand le fonctionnement se fait par le vide automatique, et *m′* porte une garniture double ou bien est remplacé par un diaphragme flexible; ce distributeur est muni d'un robinet à trois voies et se monte directement sur le réservoir auxiliaire; N est la double valve décrite aux paragraphes 155 et suivants, et L est un *distributeur auxiliaire* dont le fonctionnement est expliqué plus loin.

168. — FONCTIONNEMENT. — 1° *Fonctionnement comme frein à vide direct.* — Au *serrage*, toute communication est interrompue, par le jeu de L, entre le réservoir R et la chambre V, tandis que celle-ci ne communique qu'avec la conduite D′, et l'air entre dans la chambre A par la double valve N et par le distributeur S. Au *desserrage*, l'air qui était entré en A sort principalement par l'échappement de S et par la double valve N.

2° *Fonctionnement comme frein à vide automatique.* — Pendant la marche normale du train, le vide est entretenu dans la conduite O′ et, de là, dans les chambres A et V qui communiquent alors entre elles, ainsi que dans le réservoir R. Pour effectuer le *serrage*, on laisse rentrer l'air dans la conduite, ce qui ferme la communication entre A et V, tout en la laissant subsister entre V et R, et la

pression qui s'exerce en A fait soulever le diaphragme et appliquer les freins. Le *desserrage* s'effectue en raréfiant de nouveau l'air de la conduite et rétablissant ainsi l'équilibre sur les deux faces du diaphragme du vase à frein. Le jeu de L ferme la communication entre le réservoir R et la conduite O pendant toute la durée du fonctionnement.

3° *Fonctionnement comme frein à air comprimé automatique.* — En marche normale, et quelle que soit la position du robinet à trois voies du distributeur S, l'air comprimé pénètre dans le réservoir en passant d'abord par L et puis par S; pendant le *serrage*, la chambre A ne communique plus qu'avec ce dernier. Pendant le serrage et lorsque le *desserrage* s'effectue, l'air extérieur communique librement avec la chambre V par la double valve N

4° *Fonctionnement comme frein à air comprimé direct.* — Dans ce cas, l'air comprimé arrivant en L pour effectuer le serrage se rend dans A en passant par le détendeur du distributeur S, dont l'échappement est alors fermé. La chambre V communique avec l'air extérieur par N, comme dans le cas qui précède, tant au serrage qu'au desserrage.

169. — *Vase à diaphragme.* — Le diaphragme (fig. 35) porte à sa tige de commande une soupape *b*, qui permet à l'air de circuler de V vers A par les conduits *i*, tandis qu'elle s'oppose à toute circulation de l'air en sens inverse. Le joint autour de la tige de commande est fait au moyen de garnitures qui assurent toujours son étanchéité, soit qu'on fonctionne par le vide ou soit qu'on fonctionne par l'air comprimé.

Au lieu d'un vase à diaphragme, on peut employer un cylindre avec piston.

Distributeur auxiliaire.

170. — *Description.* — Le *distributeur auxiliaire* L, représenté en section par la figure 36, est juxtaposé au *distributeur* S; il peut même faire corps avec lui.

Il renferme deux systèmes mobiles de pistons et clapets : le système P, Q, F et le système M, N, K, T; les pistons sont garnis de cuirs emboutis qui ont leurs convexités tournées comme l'indique la figure.

Les tubulures A, V, D, D' O' et O servent à relier l'appareil avec, respectivement : les chambres A et V du vase à freins, la con-

duite du frein direct à air comprimé, la conduite du frein direct à vide, la conduite du frein automatique à vide, et enfin la conduite du frein automatique à air comprimé.

Les deux chambres du distributeur auxiliaire sont reliées par un conduit *d'*; l'espace compris entre P et Q communique toujours par le conduit *l' l'* avec l'espace *l* du distributeur S; le conduit *r' r'* sert à maintenir la communication entre la chambre à droite de K et l'espace au-dessous de *n* du distributeur S. Un conduit *r r*, dont une extrémité est munie d'un clapet de retenue *s*, peut établir la communication entre le réservoir auxiliaire R et la chambre à droite de K.

Le clapet F vient tantôt obturer l'orifice de *g'*, tantôt les orifices *i' i'*.

Le clapet T vient dans certains cas obturer l'orifice par lequel débouche la conduite O, en même temps qu'il repousse le clapet *s* et fait ainsi communiquer le réservoir auxiliaire avec l'espace à droite de K.

Le piston K porte, en outre d'un cuir embouti, une garniture *k*, qui peut obturer les conduits *i''*, *i''*.

La tige sur laquelle sont montés M, N, K et T est évidée de façon à maintenir la communication entre l'espace à gauche de M et l'espace à droite de K. Enfin, V communique avec l'intérieur du distributeur par des conduits *v v*, qui débouchent tantôt à droite, tantôt à gauche de M, selon la position de ce piston ; *b b* est une garniture dont la lèvre vient, dans certains cas, s'appliquer contre la monture de M, de façon à empêcher l'air extérieur de pénétrer autour du cuir embouti de ce piston.

171. — Fonctionnement. — 1° *Fonctionnement par le vide direct.* — Pendant le fonctionnement par le vide direct, le système M, N, K, T est maintenu vers la gauche, K étant plus grand que M, et la communication reste établie entre la chambre V du vase à diaphragme et la conduite D' du frein à vide direct. La garniture de M ferme alors la communication entre V et l'espace à droite de K, tandis que *k* vient s'appliquer contre les orifices *i'' i''*.

2° *Fonctionnement par le vide automatique.* — Pendant tout le temps du fonctionnement, le vide maintenu dans la conduite O' fait appliquer le clapet T contre son siège, attendu que N est plus grand que M, et le clapet *s* est repoussé de son siège. De même F est appliqué contre son siège à droite et ferme la communication entre *g* et *g'*.

L'air du réservoir R peut alors être aspiré et se rendre, en passant par *r r* et le canal *x x*, dans les chambres V et A du vase à diaphragme, pour se rendre par *i' d' i''* O' dans la conduite générale, et de là dans l'éjecteur. Lorsque, pour effectuer le serrage, on introduit de l'air dans la conduite générale, la soupape *b* du vase à diaphragme s'applique, le diaphragme se soulève alors et fait serrer les freins; le desserrage s'obtient en rétablissant le vide dans la conduite O'.

3° *Fonctionnement comme frein à air comprimé automatique.* — Le fonctionnement se fait toujours de la même manière, quelle que soit la position du robinet à trois voies du distributeur S. En marche normale, l'air comprimé arrive par O, dans la chambre à droite de T qu'il repousse vers la gauche de façon à faire appliquer *k* contre *i'' i''*; puis il se rend par le conduit *r' r'* dans le distributeur S et le réservoir R. Pendant le serrage et le desserrage qui s'effectuent comme dans les cas précédemment examinés aux paragraphes 114 et suivants, la double valve N maintient la communication entre l'extérieur et la chambre V. D'un autre côté, le système P, Q, F étant repoussé vers la gauche, la communication est maintenue entre *g'* et *g*, et le clapet F ferme les orifices *i' i'*.

4° *Fonctionnement comme frein à air comprimé direct.* — Pendant le serrage, l'air comprimé arrivant de D et se rendant dans l'espace *l* de S par le conduit *l' l'*, fait appliquer le clapet F contre son siège à droite.— Pendant ce temps l'air comprimé de la conduite O repousse vers la gauche K, qui vient alors obturer les orifices *i'' i''* et par suite fermer le passage de A vers O'.

Lorsque les freins auront été appliqués automatiquement, on pourra les desserrer en agissant sur la double valve N, dont les pistons intérieurs seront soulevés ou abaissés selon qu'on fonctionnera par le vide ou par l'air comprimé, en agissant à la main sur des tirettes convenablement disposées.

a. — *Étude du distributeur auxiliaire.*

172 — *Résultantes des pressions exercées sur le système* P, Q, F.— Dans le fonctionnement par le *vide automatique*, cette résultante aura pour expression :

$$R_v = (P_a - z)\ (S_q - S_r) \qquad (158)$$

dans laquelle *z* représente la pression absolue de l'air raréfié.

Dans le fonctionnement par l'*air comprimé direct*, la valeur de la résultante est donnée par l'équation (151) du paragraphe 158.

Dans le fonctionnement par l'*air comprimé automatique*, la résultante sera :

$$R_a = (S_P - S_Q)\, y + S_P\, y'. \qquad (159)$$

173. — *Résultantes des pressions exercées sur le système* M, N, R, T. — Pendant le fonctionnement par le *vide direct*, la résultante est :

$$r_d = (S_K - S_M)\,(P_a - z), \qquad (160)$$

z représentant la pression absolue de l'air raréfié.

Pendant le fonctionnement par le *vide automatique*, la résultante nécessaire pour faire mouvoir le système est égale à :

$$r_a = (P_a - z)\,(S_N - S_K - S_M) \qquad (161)$$

et puis devient, dès que le système arrive au bout de sa course :

$$r_a = (P_a - r)\,(S_N - S_M)$$

tandis que, lorsqu'on fonctionne par l'air comprimé automatique, il vient :

$$r_a = S_K\, z, \qquad (162)$$

pour valeur de la résultante.

b. — *Application numérique.*

174. — *Calcul de* S_Q. — Si on fait $S_P = 39\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 70 *mm* et $S_T = 4\ cm^2$, correspondant à un diamètre de 23 *mm*, il vient pour valeur minima à donner à S_Q si l'on veut que R_a ait une valeur égale à 4 *kg* pour $z = 0{,}8$

$$S_N - S_T = \frac{4}{1 - 0{,}8} = 20$$

et

$$S_Q = 20 + 4 = 24\ cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 32 *mm*.

175. — *Calcul de* S_M, S_N, S_K et S_T. — En donnant à r_d une valeur

minima de 4 *kg* pour $z = 0{,}8$, lorsqu'on fonctionne par le vide direct, il vient, en négligeant la surface S_M,

$$S_K = \frac{4}{0.2} = 20\ cm^2,$$

correspondant à un diamètre de 50 *mm*.

En faisant r_a, égal à 4 *kg* pour $z = 0{,}8$, il vient approximativement :

$$S_N = 39\ cm^2$$

correspondant à un diamètre de 70 *mm*.

Quant à la surface de S_M, elle est sans influence sensible sur la résultante, et on admettra que M a un diamètre de 20 *mm* correspondant à une surface 3,14 cm^2.

Le volume à donner au réservoir auxiliaire peut être calculé au moyen des équations des §§ 85 et 86. En pratique, il suffit de lui donner un volume de 70 *l*.

Remarques. — Le piston ou clapet a'' du distributeur devant assurer la descente du système n, a, m, pendant le fonctionnement par le vide, pourra avoir un diamètre de 50 *mm*, correspondant à une surface de 19,5 cm^2.

Un véhicule portant l'appareil qui vient d'être décrit *pourrait circuler sur tous les réseaux de l'Europe continentale* et ses freins seraient toujours actionnés, quel que soit le système de frein pneumatique continu dont il serait fait usage.

VI. — APPAREILS PERMETTANT D'ACTIONNER LES FREINS INDIFFÉREMMENT COMME FREINS A AIR COMPRIMÉ AUTOMATIQUES, MODÉRABLES OU NON MODÉRABLES, ET COMME FREINS A VIDE AUTOMATIQUES ET MODÉRABLES.

176. — *Description et fonctionnement.* — La figure 37 fait voir l'ensemble des appareils employés, qui sont : une conduite O', pour le vide ; un vase à diaphragme VA, semblable à celui qui a été décrit au paragraphe 169, un réservoir auxiliaire R et un appareil distributeur composé de deux parties S et L' qui peuvent être séparées ou juxtaposées comme dans la figure 38.

Le distributeur S fonctionne comme celui qui est désigné par la même lettre dans la figure 36, duquel il ne diffère que par la suppression du canal l' l' et de la seconde garniture du piston m',

ainsi que par la disposition de la tubulure qui raccorde l'appareil à la conduite générale O.

La conduite du frein à vide est reliée par O′ à la partie L′ de l'appareil distributeur, laquelle renferme un système mobile α, β, γ. — Pendant le *fonctionnement par le vide*, ce système est maintenu au bas de sa course par l'action du ressort r' et par la pression atmosphérique qui s'exerce au-dessus de γ. Alors la chambre V du vase à freins communique par x avec le réservoir auxiliaire, en sorte que la raréfaction de l'air est maintenue dans ce dernier, ainsi que dans les deux chambres du vase à freins, pendant la marche normale du train, le serrage s'effectuant par une introduction d'air dans la conduite O′. — Pendant le *fonctionnement par l'air comprimé*, le système α, β, γ est soulevé, la surface inférieure de α étant en communication par le conduit k avec le réservoir auxiliaire, et β s'applique alors contre son siège supérieur, ce qui fait que V cesse de communiquer avec le réservoir auxiliaire, tandis que la chambre A du vase peut communiquer librement avec l'espace au-dessus du piston m' par g' g' g. Pendant tout le temps du fonctionnement par l'air comprimé, la chambre V reste en communication par e e avec l'air extérieur.

---

177. — *Remarques.* — Il existe beaucoup d'autres combinaisons résultant de l'application du distributeur détendeur, mais il est inutile de les décrire, celles qui ont été étudiées permettant de se rendre suffisamment compte du parti qu'on peut tirer de cet appareil par l'uniformisation dans leur fonctionnement des freins pneumatiques actuellement en usage. Dans tous les cas on peut faire usage, pour raccorder les conduites générales, des accouplements représentés en section par les figures 39 et 40. La figure 39 montre l'accouplement de la conduite à air comprimé lequel peut s'adapter à l'accouplement bien connu du frein Westinghouse dont il se distingue par l'absence de tout joint extérieur et par la facilité de son réglage. L'accouplement représenté par la figure 40 peut servir indifféremment pour le vide ou pour l'air comprimé et trouverait son emploi dans toutes les circonstances où il serait possible de ne faire usage que d'une seule conduite générale tant pour le vide que pour l'air comprimé.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Préface 239

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Examen de l'action des freins en général 242

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE II

Freins à air comprimé 254

I. — Fonctionnement des freins à air comprimé en général 254

Freins automatiques 255

II. — Description des appareils en usage à fonctionnement automatique, dans lesquels les deux chambres du cylindre à freins sont en communication avec la conduite générale, lorsque les freins ne sont pas appliqués 256

Freins Carpenter et freins Schleifer 256
Frein Clark 257
Frein Wenger 258

III. — Description des appareils en usage à fonctionnement automatique, dans lesquels l'air comprimé n'est admis dans le cylindre à freins que pendant le serrage 259

Frein Westinghouse 259
Frein Westinghouse-Henry 260

IV. — Observations sur le fonctionnement des appareils décrits 263

CHAPITRE III

Nouveaux appareils fonctionnant par l'air comprimé 265

I. — Appareils dont l'action peut être graduée et qui sont applicables aux systèmes de freins dans lesquels le serrage est produit par l'admission de l'air comprimé dans le cylindre à freins 266

a. Etude du distributeur 268
b. Application des formules pour l'établissement des divers types de nouveaux distributeurs 283
Distributeur n° 1 283
Distributeur n° 2 285

Pages.

I. — Appareils dont l'action peut être graduée et qui sont applicables aux freins dans lesquels le serrage résulte de l'échappement de l'air comprimé qui était contenu dans le cylindre à freins 287
Transformation des freins Carpenter, Wenger et Schleifer, pour en activer le serrage et augmenter l'étendue de leur modérabilité . . 287

a. Etude du distributeur 288
b. Applications numériques. Distributeur n° 3 292

III. — Appareils qui doivent produire le serrage à fond pour une dépression partielle produite dans la conduite générale et peuvent fonctionner à la manière des freins Westinghouse, tout en n'envoyant dans les cylindres à freins que de l'air à faible pression 294

a. Étude du distributeur 295
b. Applications numériques. Distributeur n° 4 299

CHAPITRE IV

I. — Appareils à fonctionnement rapide, applicables au freinage des trains de marchandises 304

Description des appareils à fonctionnement rapide qui ont été essayés. 305
II. — Appareil Soulerin à fonctionnement rapide 307
Écoulement de l'air dans la conduite générale 307
Distributeur à fonctionnement rapide 312

a. Étude du distributeur 314
b. Application numérique 320

Appareil de manœuvre 325

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE V

Freins à vide 330

I. — Fonctionnement général des appareils 330

II. — Description des freins à vide automatique dont l'usage est le plus répandu 332

Frein Sanders 332
Frein Clayton 333
Frein automatique Eames 334

CHAPITRE VI

Freins à vide automatique et modérable du nouveau système . . 336

I. — Description et étude du distributeur 336

II. — Application des formules pour l'établissement des dimensions du distributeur 344

QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE VII

Freins qui peuvent fonctionner indifféremment par le vide ou par l'air comprimé 347

Pages

Frein Welch et S 347

Frein Soulerin 349

I. — Transformation du frein à vide direct en frein pouvant être actionné indifféremment comme frein à vide direct ou comme frein à air comprimé automatique, le fonctionnement dans ce dernier cas devant être synchrône de celui du frein Westinghouse. 349

II. — Frein à vide direct ou à air comprimé automatique et modérable. . . 352

III. — Transformation du frein à vide direct en frein pouvant être actionné indifféremment comme frein à vide direct ou comme frein à air comprimé, tantôt automatique, tantôt direct, le fonctionnement par l'air comprimé devant se faire comme dans le frein Westinghouse Henry 353

IV. — Modification à faire subir au distributeur modèle n° 4 (Fig. 13) pour que les appareils puissent fonctionner tantôt comme le frein Westinghouse, tantôt comme les freins Carpenter, Wenger ou Schleifer. 354

V. — Appareils permettant d'actionner les freins indifféremment comme freins à vide directs, comme freins à vide automatiques, comme freins à air comprimé automatiques modérables ou non modérables, ou comme freins fonctionnant à la manière du frein Westinghouse Henry 359

a. Etude du distributeur auxiliaire. 362

b. Application numérique. 363

VI. — Appareils permettant d'actionner les freins indifféremment comme freins à air comprimé automatiques modérables ou non modérables et comme freins à vide automatiques et modérables. 364

MAISONS DÉMONTABLES

EN TOLES ONDULÉES GALVANISÉES

MATIÈRES ISOLANTES ET BOIS

par M. J. DURUPT

Historique et choix du système.

La question des maisons portatives ou démontables a depuis longtemps préoccupé les constructeurs, qui se sont ingéniés à combiner des assemblages simples et rapides pour grouper des panneaux de bois ou de fer et en former une masse pouvant constituer une enceinte plus ou moins habitable.

Il y a les maisons à simple paroi et les maisons à double paroi. Les premières ne peuvent servir qu'à des bureaux provisoires, à des cantines, à des baraquements superficiels dans lesquels on ne se préoccupe que fort peu du confortable; les secondes marquent une tendance à se rapprocher de l'habitation ordinaire et, dans tous les cas, cherchent à réaliser l'isolement, la solidité, les formes même que nous sommes habitués à rencontrer dans nos climats, où la préoccupation de se garantir du froid et de la pluie paraît plus grande que celle que l'on a de la chaleur solaire.

Les plus connues et les plus anciennes de ces constructions à deux parois sont entièrement en bois. Il en est de toutes formes et de toutes dimensions, importées de Suisse ou de Norvège, d'abord, puis construites en France avec des bois du pays ou plus souvent du Nord. Les murs en sont creux ou pleins, le plus généralement creux avec, pour isolant, le matelas d'air classique stagnant ou circulant et, dans les deux cas, destiné à empêcher le froid ou la chaleur du dehors de pénétrer, ou inversement, en hiver, la chaleur intérieure de s'échapper.

Malheureusement, les parois minces en bois à l'extérieur n'ont pas une grande durée; après quelques saisons, elles se disloquent, les joints s'ouvrent, les frises se gercent et, comme généralement ces dernières sont horizontales, l'eau et les poussières, poussées par le vent, commencent la destruction qui ne peut être combattue qu'au prix d'un entretien coûteux. Enfin ces constructions, qui sont toujours coquettes et brillantes lorsqu'elles sont neuves, prennent un aspect lamentable et délabré au bout de quelques années, sans parler des cassures, des écorchures qu'elles peuvent subir lorsqu'on les démonte souvent, si tant est qu'il en existe qui aient été démontées. Lorsque la première paroi extérieure a pu laisser passer la pluie ou l'air humide, tout au moins, la paroi intérieure, hygrométrique aussi, est influencée; il arrive alors qu'elle joue et se disjoint comme la première et qu'il peut y avoir communication de l'intérieur à l'extérieur; par suite, les conditions de confortable recherchées n'existent plus.

L'isolement dû au matelas d'air a été très exagéré; s'échauffant ou se refroidissant au contact de la paroi extérieure, l'air doit nécessairement faire prendre une partie de sa température à la paroi intérieure et, les fentes et les disjonctions aidant, pénétrer dans l'appartement. On a dit aussi que l'air circulait dans les parois et renouvelait la couche isolante; or, il ne semble pas que cela ait lieu avec autant de facilité lorsqu'il fait très chaud et, de plus, il doit arriver souvent que l'air ne prend pas le chemin indiqué par les flèches des dessins et souhaité pour avoir une bonne ventilation, de sorte que, chaud, il pourra fort bien rentrer dans la pièce au lieu d'en sortir, alors qu'en hiver on trouvera qu'il y a peut-être un peu trop de circulation d'air froid.

Ces considérations peuvent aussi bien s'appliquer aux maisons à double paroi en fer, en remarquant toutefois que les conditions seront encore plus mauvaises, car les tôles s'échaufferont ou se refroidiront plus vite que le bois; il est vrai que les fentes seront moins nombreuses, mais elles existeront à tous les joints, à tous les assemblages faits avec des boulons très espacés et, dans certaines de ces constructions, on a pris soin, du reste, de ménager un grand nombre de bouches à coulisse par lesquelles l'air aurait mauvaise grâce de ne pas s'écouler suivant le sens des flèches. En principe, l'air est, dans ce genre de construction, un véhicule de chaleur comme dans les calorifères, avec cette différence que dans ces derniers il est poussé dans un sens déterminé, tandis que dans les murs creux, les greniers, les tuyaux d'appel, il circule

à son gré, suivant que le vent souffle de tel ou tel point, ou bien ne circule pas du tout, produisant généralement l'effet contraire de celui sur lequel on comptait ; il n'empêche pas, dans tous les cas, le rayonnement des parois l'une sur l'autre, et ce rayonnement vient encore s'ajouter à la chaleur transmise par la conductibilité des traverses, des montants et des pièces métalliques de l'ossature.

Un autre inconvénient des murs creux à matelas d'air est la sonorité ; les parois forment, en effet, comme deux membranes tendues qui résonnent au moindre choc et transmettent leurs vibrations à toute la construction, mais c'est surtout dans les maisons en tôle que cette sonorité devient une véritable gêne dont on ne saurait dire « qu'elle ajoute au confortable ».

Le matelas d'air doit être rejeté dans tous les cas. Quelques constructeurs ayant pu constater son inefficacité et ses inconvénients, ont songé à remplir les murs creux de matières isolantes, de sable, de terre ou de corps plus légers faciles à trouver sur place ; la nécessité de cette interposition vient d'être démontrée cette année même au Champ de Mars où une maison à paroi double et murs creux a dû être recouverte entièrement de chaume afin d'atténuer la chaleur intolérable qui se concentrait à l'intérieur, malgré les diverses précautions prises pour la circulation de l'air.

Les constructions établies dans le principe des murs remplis de sable sont en bois ou en fer exclusivement ; les inconvénients du bois à l'extérieur sont évidents et je les ai déjà signalés, les inconvénients du fer à l'intérieur paraissent également très grands ; il n'est pas agréable d'habiter dans une maison toute en fer, aux parois froides et dures sur lesquelles l'humidité se dépose et ruisselle, que l'on ne saurait égayer qu'au moyen de tentures coûteuses ou de tapisseries destinées à disparaître au premier démontage, dans lesquelles on ne pourrait enfin pas même planter un clou. Voilà donc des constructions qui, pour être habitables, nécessitent que toutes les surfaces intérieures soient dissimulées : d'où une augmentation de prix et de sujétions, moins grande en apparence qu'en réalité.

L'épaisseur des murs ainsi remplis de sable a une grande influence sur leur conductibilité : plus ils seront épais, meilleurs ils seront ; mais aussi le prix de la construction augmentera en conséquence, par suite du poids plus lourd à faire supporter aux assises et des poussées horizontales résultant du tassement du

sable ; la grande quantité de ce dernier est aussi un obstacle très sérieux lorsque le montage se fait en temps de pluie et qu'il s'agit de se procurer 20 ou 30 m^3 de sable sec ; dans certains pays, sur les plages sablonneuses, par exemple, le sable est tellement fin qu'il filtre par les plus petites fentes et s'écoule, s'écoulera toujours tant qu'il en restera dans les murs. Un autre inconvénient, c'est l'hygrométrie du sable des plages toujours chargé de sel.

Les maisons en bois et les maisons en fer à deux parois sont généralement constituées par un grand nombre d'éléments très petits nécessitant au montage des recherches longues, un grand emplacement pour les trier et les classer et obligeant les ouvriers à de grands soins de montage, pour ne pas élargir les trous, ne pas se tromper de panneau, établir la construction d'aplomb. Celles en bois s'expédient par panneaux complets comprenant l'épaisseur du mur lui-même, de sorte que le volume de ces matériaux démontés est considérable ; il en résulte des prix de transport d'autant plus coûteux que le tarif applicable sur les chemins de fer est celui de la *menuiserie* et non pas celui de la *charpente*, qui semblerait plus logique.

Les tôles s'expédient en caisses et les pièces de l'ossature en vrac ; quelques constructions de ce genre ont dû nécessiter la création d'un matériel métallurgique considérable qui, malgré son importance, ne semble pas devoir produire des éléments décoratifs d'un effet d'irrésistible admiration.

Ce préambule, un peu long peut-être, me conduit tout naturellement à la description de mon système sans qu'il soit utile d'insister sur les motifs qui me l'ont fait adopter. Le voici en quelques lignes :

Principes de la construction.

Les parois extérieures sont en tôle ondulée galvanisée, des profils et dimensions du commerce que l'on peut se procurer facilement en très bonne qualité. Presque inusables lorsqu'elles ne sont pas à proximité d'une usine à produits chimiques, les tôles galvanisées ont de la raideur, se travaillent aisément et groupées d'une certaine façon ne constituent pas des surfaces trop désagréables à l'œil. Les Anglais et les Allemands en font un usage considérable qui tend toujours à se généraliser de plus en plus. Ces tôles, commandées aux usines, taillées, poinçonnées, cintrées

et repérées suivant dessins, sont expédiées en caisses et arrivent directement à pied d'œuvre sans aucun montage préalable.

Les parois intérieures sont en frises de parquet rainées, clouées sur des cadres armés, ayant de 1,50 *m* à 2 *m* de largeur sur 3 *m* à 3,50 *m* de hauteur ; les planchers sont aussi formés de panneaux ; ces pièces se boulonnent sur des montants et des poutrelles en madriers ou en bastings du commerce pour l'assemblage desquels il n'y a ni tenons ni mortaises.

Les murs sont remplis des matières isolantes et sèches que l'on trouve sur place ou que l'on peut acheter à très bon marché ; ce sont des aiguilles de pins, des copeaux, des déchets de liège, de la sciure de bois, de la paille et même du papier (qui constitue un excellent isolateur) que l'on mélange à du sable ou à de la terre, afin de provoquer un tassement de ces matières et de charger la construction qui, par son propre poids, doit résister aux plus grands vents.

La couverture est formée d'une première virole en tôle ondulée cintrée, pouvant avoir des portées de 4 *m* à 10 *m* sans fermes (c'est une question d'épaisseur et de tirant), qui se place sur des sablières assemblées au sommet des poteaux de l'ossature le premier ou le deuxième jour du montage ; cette première virole forme donc immédiatement un hangar sous lequel on peut empiler les matériaux, les matières sèches, le sable, et s'abriter en cas de pluie, tout en continuant le montage sans interruption et sans que rien soit abîmé. Ces tôles sont généralement en acier doux pour les portées au-dessus de 5 *m*, afin de supporter en toute sécurité la charge due aux matières sèches, mélangées de sable, qui doivent les isoler des tôles de la virole extérieure. Celle-ci n'est pas concentrique à la première, afin de permettre à un ouvrier de passer en rampant entre les deux pour le montage et le remplissage ; au milieu, il y a de 0,50 *m* à 0,70 *m* d'épaisseur, suivant les portées.

Dans certains cas, ces deux viroles sont réunies par des poutrelles longitudinales à croisillons destinées à les solidariser ; on constitue ainsi un comble indéformable, capable de résister à toutes les intempéries, que la chaleur ni le froid ne sauraient traverser et *sur* lequel les tremblements de terre n'auront aucune action.

A l'intérieur, le plafond cintré peut être dissimulé par un vélum horizontal reposant sur les tirants, mais généralement on préfère peindre les tôles ondulées et les laisser apparentes.

La peinture s'applique facilement et adhère longtemps sur les tôles galvanisées ; on peut donc, à l'extérieur, produire quelques effets décoratifs ; les distributions intérieures se font au gré des clients par des cloisons en bois à simple ou double paroi, suivant le degré d'isolement que l'on veut réaliser.

A l'extérieur, comme dans toute espèce de construction, on peut appliquer des auvents, des marquises, des balcons, etc.

Les cheminées sont isolées des bois par des plaques de poterie ; les tuyaux traversent les planchers et les combles dans de doubles gaînes en tôle, évitant les risques d'incendie.

Les bois peuvent être, à l'intérieur, peints, vernis, tapissés ou enduits de substances ignifuges.

La partie bois et menuiserie qui est très importante dans ce genre de construction peut être faite sur place ou dans la ville la plus voisine du lieu d'emploi, les repères permettant à n'importe quel ouvrier d'effectuer le montage ; de cette façon on évite les longs transports coûteux (surtout avec l'application des tarifs de menuiserie) ; ainsi, pour l'Égypte, la Tunisie, l'Algérie, on construit à Marseille ; pour le Sénégal, à Bordeaux et Bayonne ; pour les plages du littoral, au Havre et à Nantes.

Les pièces les plus lourdes (ce sont les panneaux de bois) peuvent être transportées et dressées par deux hommes ; mais, dans certains cas, les éléments sont plus petits, lorsqu'il s'agit d'installations en pays de montagne.

Ce genre de construction évite l'humidité de la façon la plus absolue, même au bord de la mer et dans les forêts, si l'on a soin d'avoir un sous-sol aéré ; sa légèreté relative permet de l'installer sur un sol sec quelconque, sans aucune espèce de fondation, et dans les pays marécageux sur des pilotis rudimentaires ; il y a toujours eu au moins 10 à 12 degrés de différence de température entre les deux faces d'un mur chauffé normalement par le soleil le plus ardent ; quant à la température moyenne des appartements, elle est toujours inférieure en été à celle de l'air ambiant extérieur, lorsque les ouvertures ont été tenues fermées dans la journée.

Les applications sont nombreuses ; outre toutes celles pour lesquelles sont faites les constructions démontables ou non répandues dans le commerce, ce système adopté pour les ***hôpitaux-marins***, très en vogue et avec beaucoup de raison depuis plusieurs années, permet, pour une même dépense, l'admission d'un nombre double au moins de malades dans des conditions d'hygiène et de salubrité

que ne présentent pas toujours les palais coûteux en maçonnerie, édifiés au bord de la mer, et dont on ne peut pas éviter l'humidité perpétuelle, et qu'il est aussi fort difficile de désinfecter.

Dans ces sortes de constructions démontables, où le luxe est sacrifié à l'utile, les panneaux peuvent s'enlever pour être purifiés ou remplacés; les murs eux-mêmes, remplis de matières isolantes imprégnées de substances antiseptiques, goudronneuses, au moment de leur construction, dégagent constamment à dose insensible des aromes du plus salutaire effet sur les malades

L'épaisseur totale des murs doit être de 0,15 *m* à 0,20 *m* ; dans les pays très chauds la toiture au milieu doit avoir de 0,50 *m* à 0,70 *m* d'épaisseur pour être réellement isolante.

Le poids des fers et des bois des constructions courantes à rez-de-chaussée varie de 150 *kg* à 200 *kg*, et le prix de 80 *f* à 125 *f* par mètre superficiel couvert, suivant la décoration et l'importance des pignons, vérandas, balcons, terrasses, que l'on met à l'entour de la construction. Ces prix ne sont pas exagérés si l'on considère le confortable réel, effectif, incontestable de ces installations et si l'on fait entrer en ligne de compte qu'elles sont généralement faites sur des terrains de peu de valeur loués très bon marché.

Des ouvriers quelconques peuvent les monter en très peu de jours; il arrive même ceci, que lorsque la première virole de la toiture est en place et l'entourage intérieur dressé, c'est-à-dire le second jour, les ouvriers, si la saison n'est pas rigoureuse, couchent dans la maison à peine ébauchée. Ce résultat n'est pas à dédaigner lorsque l'on se trouve dans des pays déserts.

CHRONIQUE

N° 117

Sommaire. — Les machines à vapeur fixes à l'Exposition universelle de 1889. — Voies navigables de l'Europe centrale. — Un tunnel remarquable. — Barres à œil des ponts américains. — Épuisement des houillères.

Les machines fixes à l'Exposition universelle de 1889. — Le journal *Engineering* a publié, dans son numéro du 16 août dernier, une revue des machines fixes de l'Exposition de 1889 dont il nous paraît intéressant de mettre un résumé sous les yeux de nos collègues.

L'examen de la vaste collection de machines fixes contenue dans la grande halle de l'Exposition montre très clairement les directions dans lesquelles les progrès ont été accomplis depuis plusieurs années, et permet quelques aperçus sur les tendances de l'avenir. Naturellement, il s'y trouve un certain nombre de machines qui ne présentent rien de particulièrement intéressant, et, aussi, d'autres qui, tout en méritant d'être mentionnées pour leur bonne disposition ou leur exécution remarquable, appartiennent à des types tellement connus qu'il est à peine besoin de s'y arrêter. En dehors de ces deux catégories, il reste encore un très grand nombre de machines qu'il est nécessaire d'étudier avec quelque attention.

Le but de cette étude est d'examiner rapidement les dispositions générales des machines présentant quelques particularités nouvelles et intéressantes, en se bornant absolument aux machines à vapeur fixes et laissant de côté, pour le moment, les locomobiles et les moteurs thermiques autres que les machines à vapeur d'eau.

Un coup d'œil jeté sur les moteurs à vapeur contenus dans la galerie des machines donne, tout d'abord, l'impression que les constructeurs de l'époque actuelle ont affaire à deux catégories bien distinctes de clients, savoir : les industries qui ont toute la place nécessaire pour installer leurs moteurs, et celles pour lesquelles l'espace est limité et qui recherchent des machines compactes et ramassées.

Pour les premières, la machine horizontale est le type préféré qui a supplanté tous les autres. C'est généralement un moteur compound à deux cylindres parallèles actionnant des manivelles à angle droit. Le type *tandem*, qui jouit de tant de faveur en Angleterre, ne semble pas, autant qu'on peut en juger par l'Exposition, faire autant de progrès sur le continent, malgré certains avantages qu'il possède, notamment au point de vue du coût de premier établissement.

Il est bon de faire remarquer ici que les machines fixes exposées à Paris représentent essentiellement la pratique des contrées du continent (à l'exception de l'Allemagne) et que la construction anglaise actuelle n'y est pas représentée en réalité, car la seule machine anglaise qui se

trouve dans la galerie, celle de MM. Davey, Paxman et C°, laquelle est d'ailleurs de faible puissance, appartient à un type déjà ancien et ne saurait donner aucune idée de la pratique courante des ateliers de la Grande-Bretagne.

L'Exposition ne compte que deux machines à balancier : une machine Woolf, de M. E.-W. Windsor, de Rouen, avec détente variable système Hall et Windsor, sur le petit cylindre, et une paire de machines jumelles de Casse et fils, de Fives-Lille. Ces dernières sont établies sur le système Fourlinie et Casse, avec un balancier à point d'appui oscillant à la manière du balancier d'Evans.

La nécessité de satisfaire aux exigences de la seconde catégorie d'industries, dont nous avons parlé plus haut et dont le développement de l'éclairage électrique a considérablement augmenté l'importance, a amené l'introduction de machines horizontales à faible course et généralement à grande vitesse de rotation. Ces machines ont, le plus souvent, deux cylindres accolés de diamètres différents, portés sur une plaque de fondation générale, un arbre coudé comme celui des locomotives, et des volants en porte-à-faux. Il y a longtemps qu'on faisait des machines de ce genre pour faible puissance, mais on ne croyait pas ce type admissible pour de grandes forces. Il est surtout représenté à Paris dans l'exposition de MM. Weyher et Richemond (Société centrale de Construction de machines de Pantin). Ces moteurs ont souvent, au petit cylindre, un tiroir de détente du genre Farcot commandé par le régulateur ; pour les grandes puissances, l'arbre a une portée centrale entre les deux coudes. Les constructeurs annoncent une consommation de combustible inférieure à 1 *kg* par cheval au frein et par heure. La même Société expose une turbine à vapeur de Parson, dont elle a pris la construction pour la France.

Une autre maison, qui expose un nombre important de machines horizontales à faible course, est celle de MM. V. Bietrix et C^ie^, de Saint-Etienne. Il est à remarquer que, dans toutes ces machines, les tiroirs ordinaires sont remplacés par des distributeurs rotatifs. Ces distributeurs, en forme de robinets, sont en fonte et mus par un axe relié à l'arbre moteur par des roues d'angle. Des dispositions sont prises pour empêcher les pièces de coincer. On peut mentionner, entre autres, une machine compound tandem et une paire de machines du même type dans lesquelles la distribution de tous les cylindres s'effectue par un organe unique. On peut voir, dans l'exposition de la maison Bietrix, un distributeur rotatif qui a fonctionné d'octobre 1885 à janvier 1889 et dont les surfaces de frottement sont dans l'état le plus satisfaisant. Des machines compound de cette maison, fonctionnant sans condensation avec de la vapeur à pression initiale de 10 *kg*, sont garanties pour ne pas dépenser plus de 10 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure.

La Société Suisse de construction de Locomotives et de Machines, à Winterthur, exhibe une machine compound de la classe dont nous nous occupons en ce moment et qui est à signaler pour la forme massive de sa plaque de fondation. Cette machine est disposée pour une grande vitesse ; elle a, au petit cylindre, une détente variable réglée par un régulateur placé dans le volant. La même maison expose une ma-

chine demi-fixe dont le moteur est placé sous une chaudière de locomotive. Le bâti en fer de cet appareil présente un contraste complet avec celui de la machine qui précède.

MM. Olry, Granddemange et Coulanghon, de Paris, exposent une machine compound du même genre, c'est-à-dire à faible course et de forme compacte ; l'arbre coudé a trois supports ; un des deux volants est en porte-à-faux et le second est porté par un prolongement de l'arbre supporté par un quatrième palier. La machine est à condensation ; la pompe à air est mue par le prolongement de la tige du cylindre à basse pression. La distribution se fait par tiroirs ; il y a, sur le petit cylindre, un organe de détente variable contrôlé par le régulateur, et, sur le cylindre à basse pression, une détente Meyer réglée à la main. L'exécution de cette machine est très soignée.

La Société Alsacienne de Constructions mécaniques de Belfort présente des machines de ce genre. dont une commande une dynamo d'un modèle spécial ; elle expose également une machine demi-fixe placée sous la chaudière, dans laquelle le tiroir de détente du petit cylindre, contrôlé par le régulateur, est du système Rider.

La Compagnie de l'Horme expose, tant dans la galerie des Machines que dans une annexe située le long de l'avenue de Labourdonnais, des machines compound du même genre dans lesquelles la distribution se fait, au premier cylindre, par des organes du système Bonjour. Les dessins de ce système ne sont pas exposés, mais il semble qu'il consiste en tiroirs à piston mus par la vapeur et disposés sur le dos du tiroir principal. La Société de l'Horme expose dans son annexe une plaque de fondation brute de fonte pour une de ces machines ; c'est un magnifique spécimen de fonderie.

Des machines de types analogues sont exposées par la Société Française de Matériel agricole et industriel, de Vierzon, par MM. J. Boulet et C^ie^, et MM. Chaligny et C^ie^, de Paris. Les machines de ces deux dernières maisons ont des détentes sur les petits cylindres, consistant en tiroirs à course rendue variable par le régulateur.

On peut ranger dans la catégorie des machines compactes à course réduite à grande vitesse, la machine du type en ligne droite « straight-line » du professeur Sweet, construite à Syracuse (États-Unis) ; il y en a quatre exemplaires, dont deux actionnent des transmissions dans la section américaine de la galerie des Machines, et deux autres commandent des dynamos dans le pavillon Ducommun ; ces dernières sont construites par les ateliers Steinlen, de Mulhouse. Ce type de machine a été étudié à l'origine, il y a dix-sept ans, par le professeur Sweet, mais il a reçu depuis de nombreuses modifications. On peut en étudier tous les détails dans la section américaine de la galerie des Machines, et on doit en recommander l'examen, car cette machine est une des plus intéressantes de l'Exposition.

Nous passerons maintenant à un autre type de machine également adopté là où l'espace est limité, c'est-à-dire le type vertical ; ce modèle est particulièrement intéressant sous la forme où il se présente en général dans la galerie des Machines, parce que cette forme est celle du type normal des machines marines à pilon. On trouve notamment ces ma-

chines dans les expositions de MM. Douane, Jobin et Cie, de Paris, de la Société Française de Matériel agricole, de Vierzon, de M. Joseph Farcot, de Saint-Ouen, de MM. Weyher et Richemond, de Pantin, de la Société des Anciens Établissements Cail et de la Société des Ateliers et Chantiers de la Loire; d'autres grandes machines verticales, ne différant pas notablement des types marins, sont présentées par MM. Sulzer frères, de Winterthur, la Société de Oerlikon, MM. Buffaud et Robatel, de Lyon, etc. Toutefois, plusieurs de ces machines présentent des particularités qu'il est nécessaire de mentionner; ainsi la machine de MM. Douane, Jobin et Cie est du système Queruel, avec les manivelles à 180 degrés l'une de l'autre; les bâtis sont du modèle des machines marines et la pompe à air est mue par un balancier attelé à la tige du grand piston. La machine de M. Farcot, arrivée seulement il y a peu de temps à l'Exposition, est à triple expansion; les cylindres sont supportés, à l'arrière, par des montants en fonte, et, à l'avant, par des colonnes en fer. La distribution du cylindre à haute pression se fait par un mécanisme du genre radial et celle des autres cylindres par des excentriques à la manière ordinaire.

Le bâti des grandes machines à triple expansion, de MM. Weyher et Richemond, est du même type que celui des machines Farcot, mais la machine a quatre cylindres disposés en tandem. L'arbre a quatre portées, les manivelles ont des contrepoids venus de forge, et les volants sont en porte-à-faux. La pompe à air est mue par une machine indépendante.

La machine de la Société des Anciens Établissements Cail appartient également au type compound; les cylindres sont supportés par six colonnes en fer consolidées par des croix de Saint-André en fonte. L'arbre a ses contrepoids venus de forge avec les manivelles, et le petit cylindre a une détente variable réglée par le régulateur; le volant est en porte-à-faux.

Les Ateliers et Chantiers de la Loire, qui ont des établissements à Nantes, Saint-Nazaire, Saint-Denis et Le Havre, exposent une machine compound verticale actionnant une pompe centrifuge et destinée probablement à servir de pompe de circulation pour condenseur à surface, de sorte que c'est à peine si on doit la compter parmi les machines fixes. Elle est du type normal de marine; on peut mentionner l'enveloppe de la pompe, établie en feuilles de cuivre assemblées par rivets pour réduire le poids.

La machine à triple expansion, de MM. Sulzer frères, est très belle et occupe une position en vue au centre de la galerie des Machines. Le bâti appartient au type de marine et les cylindres ont des soupapes à double siège pour l'admission et l'échappement, lesquelles sont actionnées par des excentriques placés sur un arbre relié par des engrenages avec l'arbre moteur; cette commande actionne en même temps le régulateur. Les soupapes d'admission sont dégagées par le mécanisme à déclic du système Sulzer et l'ensemble des trois appareils de distribution est très concentré, ce qui contribue à le faire paraître assez compliqué.

La plus grande des deux machines exposées par la Société des Ateliers de Oerlikon est une machine compound, à condensation, avec un

bâti très massif. La distribution des deux cylindres se fait par des tiroirs à pistons, celle du premier cylindre comportant un tiroir intérieur de détente contrôlé par le régulateur qui est placé dans un des deux volants dont la machine est pourvue. La pompe à air, disposée horizontalement, est mue par un excentrique. L'autre machine est non compound et fonctionne à une vitesse très considérable ; le tiroir est à piston et le régulateur est placé sur le volant. Cette machine est à signaler pour sa bonne disposition et son fonctionnement parfaitement régulier.

La machine compound verticale de MM. Buffaud et Robatel a la particularité d'avoir ses deux cylindres renfermés dans une enveloppe circulaire disposée de manière à donner l'apparence d'une machine à cylindre unique. Le bâti est très massif; le cylindre à haute pression, a un tiroir de détente du type Bodmer (ou Rider) contrôlé par un régulateur Buss. On pourrait ajouter à la nomenclature des machines verticales la machine soufflante Woolf, de la Société John Cockerill de Seraing, qui a établi un très grand nombre d'appareils de ce modèle.

Si nous abordons maintenant l'examen des machines horizontales de plus grande puissance, nous en trouvons de magnifiques spécimens dans la galerie des Machines. Les machines fixes présentées par Sulzer frères, Escher, Wyss et C^ie^, le Creusot, J. Farcot, Brasseur et C^ie^, de Quillacq, la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, et d'autres maisons encore, peuvent soutenir, soit pour la disposition, soit pour l'exécution, la comparaison avec ce qui a été présenté de mieux dans les précédentes expositions. Nous sommes obligés de nous borner, pour le moment, à indiquer les points les plus remarquables de ces appareils. La plupart appartiennent au type compound et deux sont à triple expansion. Une de ces dernières est exposée par la maison Sulzer frères et a une disposition originale. Les trois cylindres sont disposés en tandem, le grand cylindre (à double effet) au milieu et les deux autres (à simple effet) aux deux extrémités. Ces derniers sont reliés au grand piston par des fourreaux, ce piston ayant ainsi une surface annulaire sur laquelle agit la vapeur. La distribution s'opère par des soupapes à double siège commandées par le mécanisme ordinaire des machines Sulzer.

La seconde machine horizontale à triple expansion est présentée par la maison Thomas Powell, de Rouen. Elle a quatre cylindres disposés deux à deux en tandem, avec deux manivelles calées à angle droit. Les cylindres les plus rapprochés de l'arbre sont : l'un, le cylindre à haute pression, et l'autre, le cylindre intermédiaire ; les cylindres à basse pression sont placés derrière eux ; ces derniers n'ont pas le même diamètre, dans le but d'égaliser les efforts sur les manivelles.

L'entrée et la sortie de la vapeur s'effectuent par des distributeurs Corliss placés sous les cylindres ; ceux du cylindre à haute pression sont actionnés par un mécanisme à déclic, dérivé de celui de Correy, employé depuis de longues années par la maison Powell. On a d'ailleurs prévu le cas où il y aurait utilité à appliquer ce mode de commande aux autres cylindres. *(A suivre.)*

Les voies navigables de l'Europe centrale. — Le Rhin a une longueur navigable de 700 *km*; le trafic sur ce fleuve s'opère au moyen de 5 500 navires ou bateaux, d'un tonnage moyen de 200 *t*, dont les extrêmes sont 386 bateaux de 50 *t* et 14 de 1 300 *t*.

Sur le Danube, le matériel monte à 800 bateaux de 75 à 525 *t*, dont la moyenne peut être estimée à 200 *t*. Sur l'Elbe, on trouve 9 400 bateaux de 106 *t* en moyenne.

De Vienne partent trois grandes voies navigables : 1° le Danube ; 2° le canal du Danube à l'Oder, qui établit la communication avec la Prusse, et 3° la connexion projetée entre ce canal et l'Elbe.

Sur le Danube, la limite occidentale de la navigation est actuellement à Regensburg à 450 *km* de Vienne, bien qu'il soit probable que le lit du fleuve se prêterait à l'établissement d'un touage jusqu'à Ulm, à 210 *km* plus loin. Le Danube pourrait être mis en communication avec le Rhin dans les deux directions suivantes : 1° de Dillinger à 48 *km* d'Ulm, par Königsbronn qui est à 500 *m* d'altitude au Neckar et de Canstadt à Manheim ; 2° par Kehlheim, Nuremberg et Bamberg, altitude 420 *m*, au Mein et par celui-ci de Francfort à Mayence.

La canalisation du Mein de Francfort à Mayence a amené les résultats les plus remarquables au point de vue commercial, malgré la saison peu favorable par suite de la sécheresse qui a suivi l'achèvement des travaux. On peut estimer l'économie annuelle sur le fret pour les marchandises en provenance ou en destination de Francfort à près d'un million de francs, et pour les places intermédiaires, à 500 000 *f*. L'économie réalisée sur le fret du charbon seul représente 6 0/0 du montant des travaux du port de Francfort.

Sur les 75 *km* du cours du Rhin entre le Main et le Neckar, on trouve les ports fluviaux dont les détails sont donnés dans le tableau suivant :

PORTS	TONNAGE	LONGUEUR DE QUAIS	TONNAGE PAR KILOMÈTRE DE QUAI
Francfort.	694.000 *t*	7,10 *km*	92.100 *t*
Gustavbourg.	427.000	1,60	267.000
Mayence.	202.000	15,90	12.700
Mannheim	1.796.000	20,00	89.800
Ludwigshafen	647.000	3,00	215.600
TOTAL.	3.766.000	47,60	677.200

Le trafic de ce district, déjà considérable comme on peut en juger par les chiffres ci-dessus, est susceptible d'un énorme développement.

Un canal est projeté de Strasbourg à Ludwigshafen ; son établissement ferait de Strasbourg un point central des communications navigables de l'Europe occidentale, de même que Vienne peut être considérée comme ayant la même situation pour l'Europe orientale.

Ces renseignements sont extraits d'un travail de M. Klunsiger, publié

dans le *Bulletin hebdomadaire de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens.*

Un tunnel remarquable. — L'*Iron* cite comme un des travaux les plus remarquables qui existe, tant par lui-même que par les circonstances où il a été fait, et qui parait, malgré cela, à peu près complètement inconnu, un tunnel dont la construction a duré plus d'un siècle. Il s'agit d'une galerie établie à Schemnitz, en Hongrie, pour mettre en communication des mines avec la vallée de la Gran, dans le but d'opérer l'épuisement des premières.

Cette galerie qui a été terminée récemment a été commencée en 1781 : elle a une longueur totale de 16 770 *m*, c'est-à-dire 1 1/2 *km* de plus que le tunnel du Gothard et 4 de plus que celui du Mont-Cenis. La section est de 2,80 *m* sur 1,60 *m*.

La dépense s'est élevée à 25 millions de francs, ce qui représente environ 1 800 francs par mètre courant. Malgré ce prix élevé, on compte que l'établissement de cette galerie amènera des économies considérables dans l'exploitation des mines par la suppression totale des dépenses d'épuisement. Il est intéressant de signaler que lorsqu'on commença les travaux, le percement fut traité à raison de 200 *f* par mètre courant. Le travail fut poursuivi à ces conditions pendant une trentaine d'années, puis les événements politiques et autres amenèrent l'interruption des travaux. Enfin, le renchérissement successif de la main-d'œuvre et des matériaux aidant, le prix de revient a augmenté dans l'énorme proportion que nous avons indiquée.

Barres à œil des ponts américains. — Il a été fréquemment question dans les séances de la Société des Ingénieurs civils du mode de construction des ponts américains, et on est revenu sur cette question dans la séance du 19 juillet dernier.

Nous donnons ci-dessous quelques renseignements extraits d'une communication de M. C. Gayles, publiée dans le *Journal of Engineering Societies.*

Les ingénieurs américains sont toujours convaincus que, pour les longues portées, les poutres formées d'éléments assemblés par articulation sont, en théorie et en pratique, préférables aux poutres établies dans le système Européen; l'auteur partage cette opinion, bien qu'il reconnaisse parfaitement qu'il y a dans le premier système des points faibles sur lesquels il convient d'appeler l'attention, notamment en ce qui concerne la fabrication des pièces.

Par exemple dans le forgeage des barres à œil, *eye-bars*, il ne suffit pas de donner à la tête de ces barres la forme voulue, le succès dépend de la production d'une structure nerveuse dans la masse soudée et c'est pour cela que le forgeage au marteau-pilon a été trouvé donner de meilleurs résultats que l'étampage seul des têtes. Celles-ci doivent être renforcées, soit par refoulement, soit par l'application de mises ou par les deux procédés réunis, mais elles doivent toujours être martelées ensuite. Généralement on met des mises de chaque côté de l'extrémité de la barre, on lie le tout ensemble et une fois à la chaleur soudante, on porte la

pièce sous le marteau-pilon; il faut avoir soin que les mises soient de même qualité de métal que la barre et que les fibres soient dans la même direction.

Même lorsqu'une barre est faite avec du métal de bonne qualité et travaillée avec tous les soins désirables, sa résistance, dans l'opinion de l'auteur, est toujours un peu inférieure à celle de la barre primitive. Des impuretés telles que le silicium et le phosphore agissent plus énergiquement sur la partie soudée pour diminuer sa résistance qu'elles n'opéraient dans la masse du métal. La pression qui s'exerce entre l'axe d'articulation et l'œil de la barre produit une pénétration mutuelle des surfaces en contact sous une pression inférieure à 10 *kg* par millimètre carré de la section de la barre. Les barres finies cassent, il est vrai, souvent dans le corps plutôt que dans les têtes, mais, dans un certain nombre de cas, la rupture a lieu près de l'épaulement, et à un effort inférieur à la résistance primitive de la barre, l'affaiblissement étant dû au chauffage inégal de la pièce pendant la fabrication.

Pour ces raisons, et par le fait que la soudure imparfaite des têtes est souvent indiquée par la rupture des barres, les essais faits sur celles-ci donnent fréquemment des résultats qui sont loin d'être rassurants. L'auteur croit que le moyen le plus certain d'améliorer cette situation est la substitution de l'acier doux au fer pour les barres à œil. L'avantage, qui a déjà été mis en évidence par quelques applications, provient principalement de l'homogénéité de la matière. Mais cette dernière qualité nécessite une modification des procédés de fabrication des barres. Avec le fer, la production d'une structure fibreuse dans les têtes était nécessaire; elle ne l'est plus avec l'acier et on n'a plus avec celui-ci à redouter l'affaiblissement de ces parties par la soudure. Pour la même raison, il ne paraît plus utile de renforcer les têtes autant qu'avec le fer et on peut arriver à une réduction de la surépaisseur avec l'acier.

Mais avec l'emploi d'un métal aussi délicat que celui-ci, il sera nécessaire de procéder avec de grandes précautions; il faudra veiller à la proportion du phosphore qui est redoutable; déjà les constructeurs de ponts exigent la réduction de cette proportion à 0,04 de 1 0/0. Les effets du surchauffage ou d'un chauffage inégal sont ainsi prévenus; d'ailleurs on peut en partie remédier au dernier par un recuit de la pièce.

Dans ces conditions, et en présence de la difficulté d'une surveillance assez complète de la fabrication, l'auteur recommande aux constructeurs de ponts de ne s'en rapporter qu'à des essais complets effectués sur un nombre suffisant de barres finies, et il donne comme exemple ceux qui ont été faits sur des barres en acier employées au viaduc de la Grande-Avenue, à Athène, Pennsylvanie. Le métal était de l'acier Bessemer provenant des usines d'Edgemoor, à Wilmington.

L'accroissement de section à l'œil était de 40 0/0. Les conditions étaient : résistance à la rupture, 43 à 48 *kg* par millimètre carré; limite d'élasticité, 22 *kg* avec un allongement minimum de 18 0/0. Les barres avaient 0,202 *m* de largeur et 22 à 48 *mm* d'épaisseur; d'abord les plus épaisses ne donnèrent pas de bons résultats, on les soumit alors à un recuit. Les résistances générales furent trouvées de très peu inférieures à celles du métal primitif, tant pour la rupture que pour la limite d'élas-

ticité; il en fut de même pour l'allongement qui varia dans les essais de 15 à 23 0/0.

Épuisement des houillères. — En présence de l'énorme consommation du charbon par l'industrie et la navigation, on a souvent fait des calculs plus ou moins fantaisistes sur le danger de l'épuisement plus ou moins prochain des houillères. Le *Deutsche Handels Museum* nous rassure sur ce point. Il énumère les énormes ressources que tiennent en réserve une foule de pays où la houille existe et n'a été jusqu'ici que peu ou même point exploitée.

Laissant de côté l'Angleterre, la Belgique, la France et les États-Unis, qui suffiront encore longtemps à leur consommation et même à une exportation considérable, on donne les chiffres suivants. La Suisse, le Danemark, la Bohême ont une surface de 150 000 km^2 recouvrant des gisements de houille, la Russie 55 000, l'Autriche, l'Espagne, le Portugal, l'Italie, la Grèce, la Turquie et la Perse 100 000, l'Inde 90 000, le Japon 15 000, la Chine, le chiffre énorme de 1 000 000 km^2, l'île de Formose 25 000, avec des couches allant à 30 *m* d'épaisseur. C'est déjà beaucoup, mais c'est loin d'être tout. Les îles Falkland et la Patagonie renferment d'énormes dépôts de houille. Le Pérou, le Chili sont très riches sous ce rapport. Au Brésil, on trouve un grand nombre de couches de 5 à 7,5 *m* d'épaisseur. Les Etats-Unis de Colombie, le Mexique, les îles Vancouver contiennent de la houille en abondance: il en est de même de la Tasmanie, de la Nouvelle-Calédonie et de la colonie de Natal qui, à elles trois, ont au moins 250 000 km^2 de dépôts houillers. Si on pense que dans la plupart des pays énumérés ci-dessus, l'exploitation de ces richesses minérales est nulle ou insignifiante, on peut être rassuré sur la nécessité qu'il y aurait de trouver, le plus vite possible, un moyen de remplacer la houille.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT 1889

Rapport de M. E.-P. BERARD sur un **Four destiné à la fabrication du gaz d'éclairage,** présenté par M. ANDRÉ COZE.

Ce four comporte l'emploi de cornues inclinées, du système dit *coulant*, disposées d'une manière particulière. L'inclinaison est voisine du talus naturel des matières qui doivent y être chargées, de manière que le charbon, tombant dans la cornue par l'orifice supérieur, suive une direction qui corresponde à la limite de son glissement. Cette inclinaison est de 30°. Le four contient 9 cornues. Avec cette disposition, le déchargement du coke se fait instantanément par la seule ouverture d'une plaque inférieure, et les flammes et produits fumeux, au lieu de se déverser sur l'ouvrier, s'élèvent dans la partie supérieure de la cornue par laquelle s'opère leur dégagement.

Le chauffage se fait à l'oxyde de carbone, produit par un générateur, selon des perfectionnements dus à M. Lencauchez.

Dix-huit cornues, du système de M. Coze, distillent, en 24 heures, 18 000 *kg* de charbon au lieu de 13 000 *kg* et produisent 5 400 m^3 de gaz. Leur service n'exige que quatre hommes au lieu de six, ce qui donne une dépense de 0,50 *f* par mètre cube au lieu de 1 *f*.

L'expérience a confirmé les vues de l'auteur. Un certain nombre de fours de ce système fonctionnent déjà avec succès.

Notice sur **M. Warren de la Rue,** par M. MASCART.

Étude sur les qualités du papier. (Traduit du *Zapiski impr. tech, obch.*)

Sur la **Consommation des Conserves alimentaires** dans l'Amérique du Sud, par M. le docteur SACC. (Extrait d'une lettre adressée de Cochabomba (Bolivie) à M. le Président de la Société d'Encouragement.)

Cette note contient d'intéressants détails sur les services rendus, dans des pays isolés et presque sans relations avec l'extérieur, par la belle découverte d'Appert. Elle insiste sur la nécessité de remplacer, pour les conserves, les boîtes en tôle, qui s'oxydent et constituent plus tard un véritable embarras, par des vases en faïence ou porcelaine, qui conservent très bien les substances alimentaires et peuvent être utilisés ensuite. On emploie déjà, en France, des terrines ; dans l'Amérique du Nord, des vases en grès. Ce mode d'emballage, utile et durable, doit être généralisé autant que possible.

Fabrication et emplois actuels du Métal Thomas, par M. G. Bresson. (Extrait du *Génie Civil.*)

C'est le compte rendu d'un travail de M. Bresson, publié dans *la Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, de Liège, et intitulé *Mémoire sur la fabrication et les emplois actuels de l'acier déphosphoré.*

Tubes à nervures de M. Serve. (Traduit de *l'Iron.*)

Avec ces tubes, possédant des nervures intérieures, on a, dans des expériences faites à Brest, obtenu une évaporation de 15 à 20 0/0 supérieure avec réduction de la température des gaz dans la boite à fumée. Ces tubes se nettoyent sans difficulté avec des brosses de forme particulière.

Les Tramways électriques de Hambourg. (Traduit du *Dingler's Polytech. Journal.*)

Il a été fait, par M. Hüber, ingénieur, des expériences comparatives sur la ligne de Barmbeck, pour établir les conditions de traction à remplir pour la locomotion par l'électricité.

On a constaté de grandes variations pour le travail. Ainsi, la force motrice normale étant en moyenne de 300 volt-ampère-heure pour 1 *km* de parcours, dans certaines journées du mois de décembre, on a dû déployer jusqu'à 900 volt-ampère-heure, c'est-à-dire le triple de la moyenne.

M. Hüber a conclu à l'emploi d'un double moteur sur chaque voiture. Le poids d'une voiture, disposée pour recevoir 30 voyageurs à l'intérieur, 2 employés et 20 voyageurs sur l'impériale, serait de 10 *t* à peu près, moteur compris. Il faudrait compter 78 volt-ampère-heure par tonne et par kilomètre. Les dépenses seraient d'environ 1,49 *f* par kilomètre et par voiture, c'est-à-dire les mêmes qu'avec la traction à vapeur telle qu'on la réalise sur la ligne de Wandsbeck, au lieu de 2,16 *f* que coûte la traction par chevaux. On espère que les perfectionnements à apporter dans la traction électrique permettront une réduction notable.

Condenseur à courant d'eau de M. Koerting, par M. Ludzki.

Ce condenseur agit, sans pompe à air, par l'action de l'eau refrigérante descendant verticalement et s'écoulant, mélangée avec la vapeur condensée, par la partie inférieure.

L'eau doit avoir une hauteur de chute d'environ 4 *m*; son passage se fait par un espace annulaire autour d'un cône, ce qui détermine un contact intime avec la vapeur à condenser et produit l'entrainement de l'air mélangé. Un clapet de retenue est interposé entre le cylindre et le condenseur, et celui-ci peut être placé à une distance quelconque de la machine.

Extraction et traitement de l'Ozokerite en Gallicie, par M. Platz. (Traduit du *Zeitschrift der Ver. Deut. Ing.*)

ANNALES DES MINES

2e Livraison de 1889.

Programmes des cours de l'Ecole nationale des Mines.

COURS PRÉPARATOIRES.

Note sur **l'explosion d'une chaudière de locomobile** à Ciron (Indre), par M. **Olry,** ingénieur en chef des Mines.

La chaudière d'une locomobile, employée au battage, a fait explosion le 10 septembre 1888 dans une ferme, près de Ciron ; il y a eu 9 morts et 4 blessés. C'était une chaudière dite à T, avec un cylindre vertical contenant le foyer et un corps cylindrique horizontal renfermant des tubes.

On ne peut expliquer l'accident ni par le manque d'eau, ni par la qualité du métal. Il paraît y avoir eu un excès de pression très considérable, probablement par suite du calage des soupapes. C'est l'avis adopté par la Commission centrale des machines à vapeur.

Note sur **l'explosion d'un tube de chaudière à petits éléments,** par M. **Olry**, ingénieur en chef des Mines.

Le 1er juin 1888, un tube appartenant à une chaudière à petits éléments a fait explosion dans une usine du faubourg Saint-Martin, à Paris. Il y a eu un homme blessé.

La rupture de ce tube paraît due à un manque d'eau résultant du fonctionnement défectueux des appareils d'alimentation. L'accident a été aggravé par l'absence de moyens de fermeture de la porte du foyer et par le mauvais état du loquetage de la porte de la boîte à tubes, ces circonstances ayant amené la projection au dehors de vapeur et de combustible incandescent. Il y a déjà eu un certain nombre de faits de ce genre; aussi la circulaire ministérielle du 14 août 1888, relative aux conditions à imposer en cas de tolérance d'emplacement, pour les types de chaudières à petits éléments, a-t-elle spécifié, sur l'avis de la Commission centrale des machines à vapeur, une prescription spéciale, libellée comme suit : Les portes des boîtes à tubes seront tenues fermées pendant le travail; celles du foyer le seront habituellement; le système de fermeture présentera des garanties de solidité.

Note sur la **préparation et le montage des tubes à fumée de locomotives** au chemin de fer du Nord, par M. **E. Coste,** ingénieur des Mines.

Cette note passe successivement en revue la nature du métal des tubes, l'épreuve à la presse hydraulique, le lavage des vieux tubes, le raboutissage de ceux-ci et le montage des tubes.

Note sur **le filet de sûreté** établi au puits Jules Chagot des mines de Blanzy, par M. **Lebreton,** ingénieur des Mines.

Il arrive quelquefois que des ouvriers tombent accidentellement dans les puits de mines, ils sont ou broyés au fond ou noyés dans les eaux qui remplissent le fond du puits. Dix-huit accidents de ce genre sont arrivés dans les exploitations du département de Saône-et-Loire pendant les dix dernières années.

La Compagnie des mines de Blanzy a réalisé, pour prévenir les conséquences de ces chutes, l'installation d'un filet de sûreté établi à deux mètres au-dessous des taquets d'arrêt de la dernière recette. Ce filet est en câbles de fil d'acier. L'installation a coûté environ 1 200 francs. Depuis sa mise en place qui remonte à deux ans environ, il n'a pas encore été mis à l'épreuve par des accidents de personnes, mais il l'a été dans des accidents de matériel, dans lesquels il s'est bien comporté et a déjà rendu de réels services.

La Compagnie de Blanzy a décidé de placer des fils de sûreté semblables dans quatre autres de ses puits qui ont des puisards profonds.

Note sur un **procédé de réglage par l'emploi du courant** applicable à certaines installations de transmissions de forces, par **M. de Bovet,** ancien élève de l'Ecole des Mines de Paris.

L'auteur a eu en vue spécialement l'application de l'électricité à l'extraction des minerais, soit sur plan incliné, soit dans un puits vertical, où le travail est intermittent.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'avril-mai 1889.

Un chapitre de l'**Histoire de la Société industrielle de Mulhouse,** par M. Aug. Dollfus.

Cette note très intéressante est consacrée à l'histoire du développement successif de la Société industrielle de Mulhouse, et montre comment, fondée en 1825 par vingt-deux hommes vaillants et amis du progrès, cette Société, par la générosité d'un grand nombre de ses membres, est arrivée à son état actuel de prospérité, qui la place au rang des plus puissantes associations de ce genre.

Analyses des eaux des pompes publiques de la ville de Mulhouse, faites en 1886 et 1887 par M. Robert Bourcart.

Des tableaux reproduisent cent-quatorze analyses d'eau ; il nous paraît intéressant de donner les conclusions du rapport relativement aux exigences auxquelles doit répondre une eau pour être déclarée potable :

1° Une eau potable doit renfermer peu de matières organiques dissoutes ; 12 à 15 *mg* par litre sont déjà une proportion élevée ;

2° Elle doit être absolument exempte d'acide nitreux ;

3° Elle ne doit pas renfermer de traces appréciables d'ammoniaque et surtout pas de matières albuminoïdes. La limite de tolérance peut être portée à 0,02 *mg* d'ammoniaque libre et 0,05 *mg* d'ammoniaque albuminoïde par litre;

4° La présence de grandes quantités de chlorures permet de supposer que ceux-ci tirent leur origine du chlorure de sodium, résidu des eaux ménagères, à moins qu'il ne soit établi qu'il existe des gisements de sel gemme dans le voisinage;

5° Les nitrates trouvés en quantités notables indiquent toujours que l'eau a été contaminée. Si l'infiltration remonte à un temps éloigné, l'eau peut être redevenue pure et exempte de matières organiques. De telles eaux doivent être tenues pour suspectes.

Rapport de M. E. Wyss sur le mémoire de M. G. Sorel, intitulé : **Études sur la fabrication de l'acide sulfurique.**

Études sur la **fabrication de l'acide sulfurique**, par M. E. Sorel.

L'auteur conclut qu'aux théories plus ou moins hypothétiques présentées pour expliquer le fonctionnement des chambres de plomb, les expériences de Weber, et surtout celles de M. Lunge ont permis de substituer une notion plus rigoureuse des conditions de la fabrication.

Mais, si ces savants ont précisé la loi chimique présidant aux échanges gazeux, grâce auxquels les composés oxygénés de l'azote favorisent la transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique, il restait à établir le mécanisme des réactions et à montrer sous quelle influence dominante se produisaient ces échanges.

C'est ce que l'auteur s'est proposé de faire et il croit avoir montré le rôle important des variations de température et le parti que l'on peut tirer de modifications intentionnelles dans la concentration de l'acide en contact avec le gaz.

Les conclusions de ce travail peuvent se condenser dans les quatre propositions suivantes :

1° Les oxydations et réductions successives des produits nitreux, qui déterminent la transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique, ont pour cause des variations d'hydratation de l'acide sulfurique qui existe en suspension dans le courant gazeux;

2° Les variations d'hydratation sont, dans les appareils ordinaires, déterminées par des variations de température et en relation immédiate avec celles-ci;

3° On peut modifier avantageusement le fonctionnement des appareils à acide sulfurique, en augmentant artificiellement, en des points déterminés, la concentration de l'acide en contact avec le gaz, et dénitrant cet acide en des points voisins, de façon à activer la rotation des produits oxygénés de l'azote entre des zones voisines;

4° Le procédé, appliqué industriellement, permettrait de diminuer les frais de premier établissement et les emplacements pour la construction d'une usine, tout en assurant une plus grande régularité de fonctionnement.

Bulletin de juin-juillet 1889.

Sur les azoxylols, les diamidodixylyles et les matières colorantes dérivant de ces derniers, par MM. E. Noelting et Th. Stricker.

Sur les **Matières colorantes nitrosées,** par M. St. de Kostanecki.

Sur les **phenyle-disazo-resorcines isomères,** par M. St. de Kostanecki.

Constitution de l'acide styphnique, par MM. St. de Kostanecki et B. Feinstein.

Recherches sur des matières colorantes tirant sur mordants, par M. St. de Kostanecki.

Sur l'influence de la lumière sur la coloration de l'aniline pure, par M. Paul Werner.

On sait que l'aniline, exposée à l'air et à la lumière, se colore au bout de quelque temps en jaune, puis en rouge et finalement en brun. Une série d'essais comparatifs a permis de reconnaitre que la coloration de l'aniline, dans ces circonstances, est due à une oxydation et que cette dernière n'est produite que par l'action combinée de l'air et de la lumière.

Le Commerce et l'Industrie à Bâle, par X. Mossmann.

C'est une analyse de l'ouvrage de M. Traugott Goering, *Handel und Industrie der Stadt Basel.*

Note présentée au comité de mécanique par M. C. de Lacroix, sur la **Machine à parer et à vernir les harnais à tisser** de M. A. Dufour.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NEERLANDAIS (1)

Livraison du 3 *juin* 1889.

Communication de M. Hauet sur le rendement des chaudières.

Communication de M. H.-E. de Bruyn, sur la théorie des marées.

Communication de M. Huet, sur le calcul de la puissance des machines d'épuisement dans les polders.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Livraison du 24 juin 1889.

Maréographe enregistreur, par M. C.-J. von Sluys.

Cet appareil est plus simple et moins coûteux, bien que moins complet, que les maréographes ordinaires.

Pont tournant, à Arkel, par M. R. Haagsma.

C'est la description, avec dessins, d'un pont tournant de 5 *m* de largeur et de 14 *m* d'ouverture de passe navigable. Ce pont est de construction métallique.

Sondages, près d'Amsterdam, par MM. J. Drabbe et H.-J. van den Broch.

Ce sondage, poussé jusqu'à une profondeur de 200 *m*, avait pour objet de chercher de l'eau potable pour l'alimentation d'Amsterdam en cas d'une occupation du pays avoisinant par l'ennemi. Les résultats, au point de vue géologique, ont été étudiés avec beaucoup de soin.

Note sur les chemins de fer de la colonie du Cap, par M. Snethlage.

Cette note est le résumé de quelques publications officielles récentes.

Livraison du 2 septembre 1889.

Compte rendu de la séance du 13 juin 1889. Discussion sur une proposition de M. A. Huet relative au canal maritime d'Amsterdam. — Comme on sait, le canal maritime d'Amsterdam communique avec la mer du Nord par des écluses dont les dimensions ne sont plus à la hauteur des développements de la navigation transatlantique. Le gouvernement a décidé de reconstruire ces écluses sur des proportions plus considérables. M. Huet, qui a soutenu depuis longtemps l'opinion que le canal devait être *à niveau*, c'est-à dire sans écluses, pour satisfaire aux intérêts du commerce d'Amsterdam, propose que l'Institut des Ingénieurs demande que cette question soit de nouveau soumise à un examen spécial. Cette proposition est renvoyée au Conseil d'administration.

Communication de M. Martini Buys sur la construction des remblais de chemins de fer dans les terrains vaseux et peu consistants.

Communication de M. Hora Siccama sur le rapport de la Commission royale relatif au port de mer de Scheveningue.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 33. — 17 *Août* 1889.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents à Berlin en 1889.

Appareils de sûreté pour chaudières à vapeur, par B. Tschorn *(suite)*.

Installations centrales de condensation, par J. F. Weiss.

Résistance des matériaux. — Expériences de Connert relatives à l'influence de la vitesse de l'étirage sur la résistance des fils de cuivre.

Machines-outils. — Enlèvement des copeaux dans les machines-outils.

Groupe de Berlin. — Avenir des machines à vapeur à grande vitesse. — Appareils de graissage à distance. — Manomètre à tube plissé.

Groupe du Rhin inférieur. — Mines de fer magnétique du Nord de la Suède et de l'Oural. — Résistance des tubes. — Extension de la distribution d'eau de Dusseldorf.

Patentes.

Variétés. — Ecole pour la construction de machines et les usines à Neustadt.

N° 34. - 24 *Août* 1889.

Coup d'œil sur la théorie des indicateurs, par octeur Slaby.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin en 1889. — Machines à vapeur, par C. Leist.

Application de la photographie à l'art de l'ingénieur pour les levés de machines, par G. Rohn.

Groupe de Berlin. — Chauffage à vapeur à basse pression du nouvel hôpital militaire de Bucharest.

Groupe de Hanovre. — Chauffage domestique et installation des conduits de fumée. — Trains rapides et travail des locomotives. — La marine du passé.

Patentes.

Bibliographie. — Distribution par tiroirs, par le Dr Zeuner.

N° 35. — 31 *Août* 1889.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Presse à cintrer les tôles des ateliers Schulz-Knaudt, à Essen-sur-Ruhr.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin en 1889. — Chaudières à vapeur et leurs accessoires, par B. Tschorn *(fin)*.

Pompe pour les acides, par Fried. Bode.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Machine frigorifique Raoul Pictet. — Appareil protecteur de tubes de niveau d'eau de Arbenz. — Nouvelles

installations d'extraction dans les mines anglaises. — Appareils de filtrage portatifs.

Patentes.

Bibliographie. — Tracés graphiques pour distributions par tiroirs, d'après le diagramme de Zeuner, par P. Kirchhoff.

N° 36. — 7 *septembre* 1889.

Locomotives compound des chemins de fer de l'Etat Saxon, par Klien.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Causeries sur la mécanique appliquee, par le Dr Holzmuller *(suite)*.

Exploitation des mines. — Influence de la hauteur du baromètre sur le dégagement des gaz des houillères.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Usure des rails. — Conduite des machines dynamos.

Groupe du Rhin inférieur. — Nouvelles installations du port de Dusseldorf. — Horloges électriques.

Patentes.

Correspondance. Collecteurs d'électricité.

N° 37. — 14 *septembre* 1889.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Influence du mouvement de la terre sur les rapports commerciaux des diverses nations, par Th. v. Bavier.

Laminoirs pour fers à double T, par Daehr.

Groupe de Bavière. — Frein automoteur pour tramways à vapeur. — Épuration des eaux d'alimentation des chaudières à vapeur, et son influence sur la durée des chaudières.

Patentes.

Correspondance. — Service municipal des eaux de Dusseldorf.

Variétés. — Chemin de fer monorail, système Lartigue. — Résistance des vitres au passage de la lumière. — École et laboratoire d'électricité à Francfort-sur-le-Mein.

N° 38. — 21 *septembre* 1889.

Causeries sur la mécanique appliquée, par le Dr Holzmuller *(suite)*.

Groupe de Francfort. — Etude et construction des transmissions par engrenages. — Inondations à Galnhausen.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Traction mécanique dans les mine
Patentes.

Variétés. — Éclairage électrique des rues.

N° 39. — 28 *septembre* 1889.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction d
ponts métalliques, par G. Barkhausen.

Exposition universelle de Melbourne, en 1888-1889, par Ernst Mulle

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Groupe de Chemnitz. — Sécurité des chaudières à tubes de circulati
des systèmes de Darr et de Root. — Tubes métalliques flexibles.
Moteurs pour la petite industrie.

Patentes.

Pour la chronique et les comptes-rendu

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 24312-10-9

Fig. 18. Coupe DEFG.

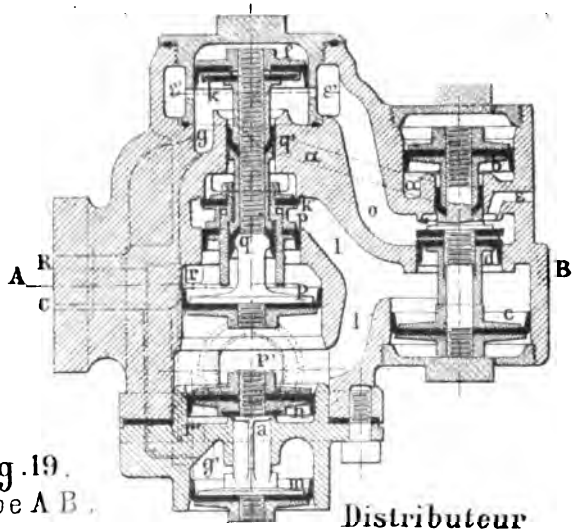


Fig. 19.
Coupe A B.

Distributeur

à fonctionnement rapide.

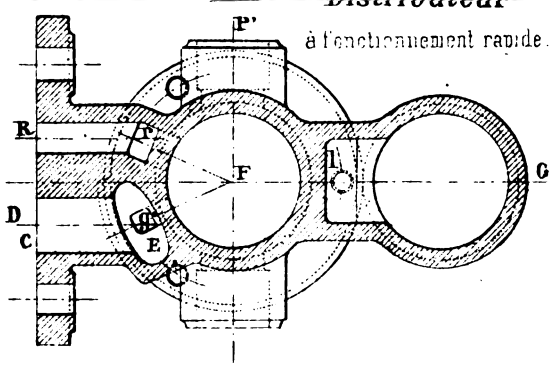


Fig. 22. Frein Sanders

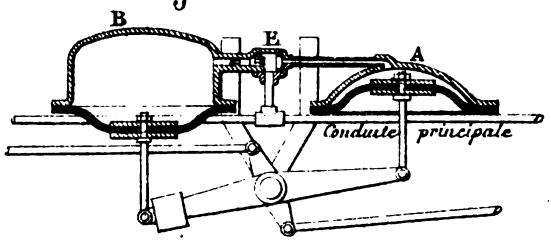


Fig. 23. Frein Claylon.

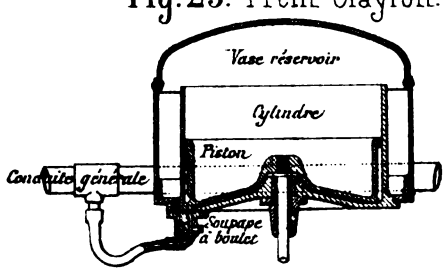


Fig. 39.

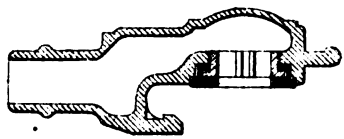
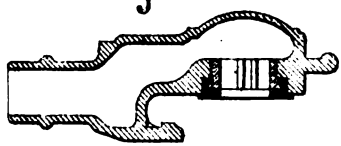


Fig. 40.



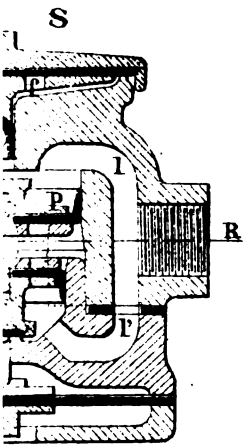
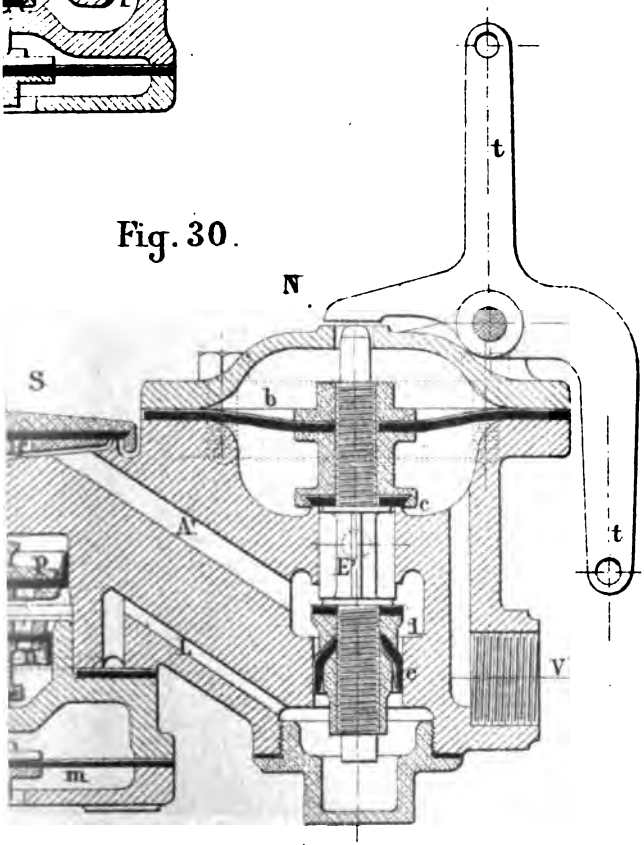
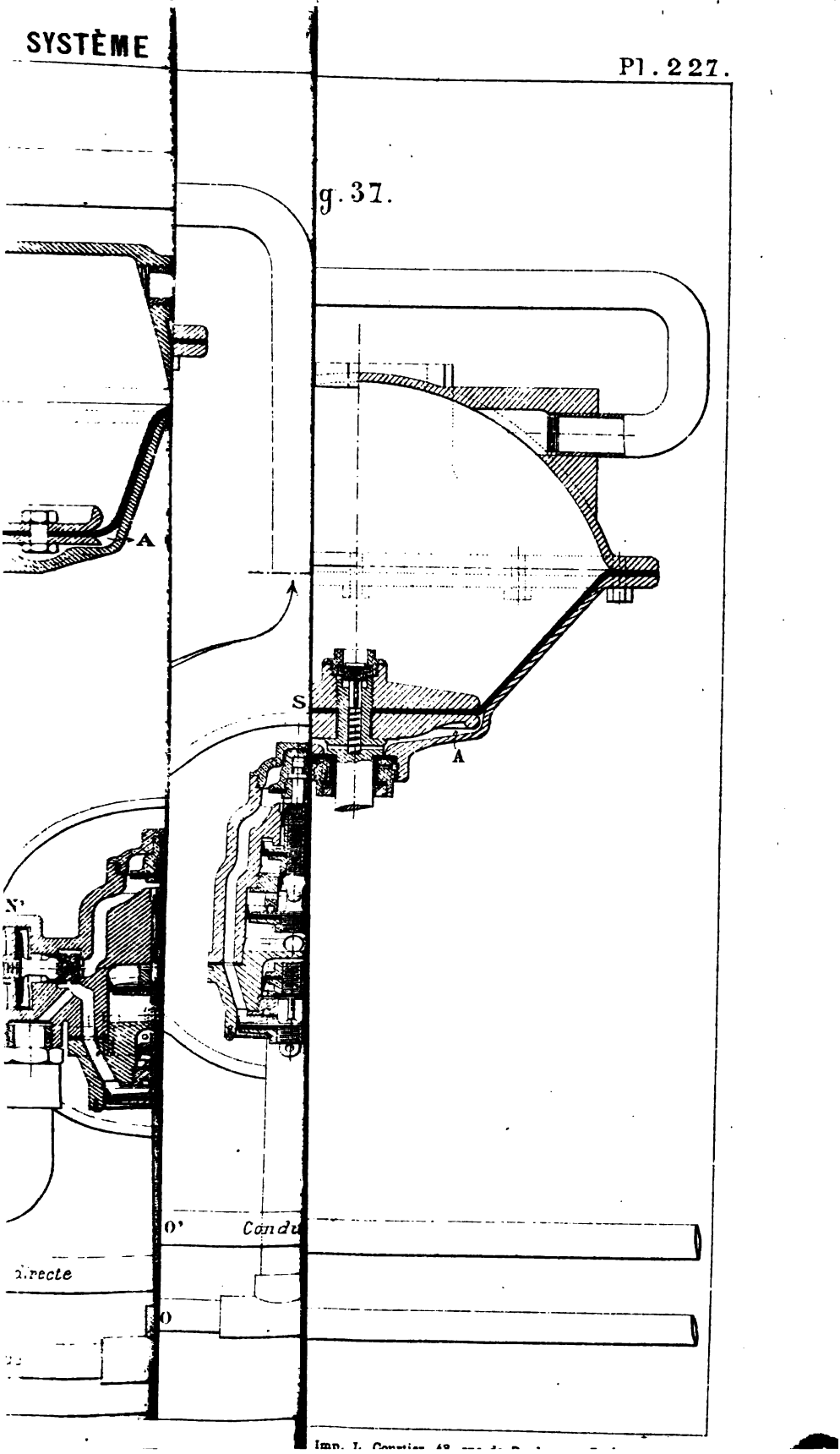


Fig. 30.



g. 37.



Imp. L. Courtier, 49, rue de Rochechouart.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1889

N° 4

Sommaire des séances du mois d'octobre 1889 :

1° *Décès* de MM. H. Bonnami; J.-L. Laforestrie; A. Cail; A. Courant; A. Fournier; Ch. Goschler; L. Montagnier et F. Mathias. (Séance du 4 octobre, page 409.)

2° *Discours de* M. V. Contamin aux obsèques de M. F. Mathias. (Séance du 4 octobre, page 410.)

3° *Décorations.* (Séance du 4 octobre, page 410.)

4° *Prix Osiris.* (Séance du 4 octobre, page 410.)

5° *Les Excavateurs mécaniques*, par M. Italo Maganzini, lettre de M. H. Hervegh. (Séance du 4 octobre, page 411.)

6° *L'Histoire de la locomotive*, par M. Th. West (14 planches), envoi de M. A. Deghilage. (Séance du 4 octobre, page 411.)

7° *Estuaire de la Seine*, lettre de M. L. Vauthier. (Séance du 4 octobre, page 411.)

8° *Méthode graphique* pour le calcul des ressorts (lettre de revendication de M. Lévy-Lambert). (Séance du 4 octobre, page 411.)

9° *Lettre de M. Haton de la Goupillière*, au sujet de la réception de l'*Iron and Steel Institute.* (Séance du 4 octobre, page 411.)

10° *Lettres diverses* de remerciements des Ingénieurs étrangers reçus par la Société au moment de l'Exposition. (Séances des 4 et 18 octobre, pages 411 et 434.)

11° *Emprunt de 75 000 francs (Abandon de titres de l')*. (Séances des 4 et 18 octobre, pages 412 et 434.)

12° *Réception des Ingénieurs belges et hollandais (Compte rendu de la)*, par M. S. Périssé. (Séance du 4 octobre, page 412.)

13° *Réception des Ingénieurs espagnols, russes, portugais, brésiliens et chiliens (Compte rendu de la)*, par M. S. Périssé. (Séance du 4 octobre, page 416.)

14° *Réception de l'Iron and Steel Institute (Compte rendu de la)*, par M. E. Polonceau. (Séances des 4 et 18 octobre, pages 419 et 433.)

15° *Visite des Ingénieurs anglais au Creusot (Compte rendu de la)*, par M. S. Périssé. (Séance du 4 octobre, page 420.)

16° *Excursion dans la Loire*, par M. Ch. Herscher jeune. (Séance du 4 octobre, page 424.)

17° *Excursion à Longwy et dans le Luxembourg*, par M. E. Penelle. (Séance du 4 octobre, page 427.)

18° *Excursion dans les usines de la région de Maubeuge*, par M. E. Penelle. (Séance du 4 octobre, page 429.)

19° *Nombre des Ingénieurs étrangers* reçus par la Société à l'occasion de l'Exposition. (Séance du 4 octobre, page 431.)

20° *Lettre de M. le Président de la République*, au sujet de la réception faite par la Société aux Ingénieurs étrangers. (Séance du 4 octobre, page 432.)

21° *Récompenses* obtenues à l'Exposition par les Membres de la Société. (Séances des 4 et 18 octobre, pages 432 et 435.)

22° *Grand Prix* décerné à la Société pour son exposition dans la classe 63. (Séance du 4 octobre, page 433.)

23° *Membres honoraires (Proposition de nommer)* MM. Alphand et Berger. (Séance du 4 octobre, page 433.)

24° *Inauguration de la statue de J.-B. Dumas (Lettres d'invitation à l')*, de M. le maire d'Alais et de M. F. Delmas. (Séance du 18 octobre, page 434.)

25° *Nomination de M. G. Eiffel*, Président de la Société, comme membre honoraire à vie de l'Institution of Mechanical Engineers. (Séance du 18 octobre, page 434.)

26° *Lettre de M. G. Eiffel*, Président de la Société, en réponse à la lettre de M. le Président de la République. (Séance du 18 octobre, page 434.)

27° *Prix Giffard (Concours pour l'obtention du)*. (Séance du 18 octobre, page 435.)

28° *Cordages (La raideur des)*, par M. L. de Longraire. (Séance du 18 octobre, page 435.)

29° *Pont sur la Manche (Avant-projet d'un)*, par MM. H. Schneider et H. Hersent. Communication de MM. H. Hersent et J.-B. Pradel. (Séance du 18 octobre, page 437.)

Pendant les mois d'août et de septembre, la Société a reçu :

30969 — De MM. E. Leclerc et Cie. *L'Album de la fabrique. Guide spécial du commerce d'exportation, 23e année, 1889.* In-folio de 479 p. Paris, E. Leclerc, 1889.

30970 — De la Compagnie du Chemin de fer du Nord. *Exposition universelle de 1889. Notice sur le Matériel et les Objets exposés par la Compagnie.* In-4° de 144 pages avec planches. Lille, L. Danel, 1889.

30971 — De la Société anonyme des Houillères de Rochebelle. *Notice sur les Houillères de Rochebelle.* Grand in-8° de 26 pages avec planches. Alais, J. Martin, 1889.

30972 — De la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest. *Notice sur les objets présentés à l'Exposition universelle de 1889. Matériel et Traction.* In-4° de 81 pages avec planches. L. Danel, 1889.

30973 — De la Société anonyme de l'Éclairage au gaz et des Hauts Fourneaux de Marseille et des Mines de Portes et Sénéchas. *Exposition universelle de 1889. Notice sur les mines de Portes et Sénéchas (Gard).* In-8° de 11 pages avec pl. Paris, Mouillot, 1889.

30974 — De MM. Regnard frères (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Nomenclature des objets exposés.* Un dessin.

30975 à 30977 — De M. J. Massau. *Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications.* Texte in-8° de 735 pages, atlas in-4° et appendice in-8° de 264 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1887.

30978 — Du même. *Note sur la résolution graphique des équations du premier degré.* In-8° de 22 pages avec pl. Gand, Ad. Hoste, 1889.

30979 — Du même. *Note sur les intégraphes.* In-8° de 32 pages avec pl. Gand, Ad. Hoste, 1889.

30980 — Du même. *Calcul des cotisations des Sociétés de secours mutuels.* In-8° de 21 pages avec pl. Gand, Ad. Hoste, 1889.

30981 — De M. A. Vivien (M. de la S.). *Appareils de laboratoire concernant particulièrement l'analyse de la betterave et l'industrie du sucre. Étuve à dessiccation rapide. Appareils d'épuisement pour l'analyse directe de la betterave par diffusion.* In-8° de 12 pages. Saint-Quentin, Piquet-Barré, 1889.

30982 à 30984 — De la Compagnie des Mines d'Aniche. *Exposition universelle de 1889. Objets exposés par la Compagnie,* in-12 de 4 pages. *Notice sur la Compagnie,* in-12 de 13 pages. *Fête donnée à Aniche le 16 juin 1889,* in-12 de 4 pages. Douai, P. Dutilleux, 1889.

30985 — De M. Fouqué. *Sur une coulée de verre fondu provenant de la perforation accidentelle d'un fourneau de verrerie* (Académie

des Sciences, 1889). In-4° de 3 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

30986 — De M. Sandberg (M. de la S.). *Sandbergs neue Goliatschiene mit flusseisern Unterlagsplatten.* Grand in-8° de 4 pages avec pl. Dusseldorf, gedruckt, 1889.

30987 — De M. E. Delaurier. *Considérations politiques et économiques sur l'admirable Exposition universelle de 1889.* Manuscrit in-4° de 6 pages, 1889.

30988 — Du même. *Pétition urgente présentée à la Chambre des députés relative à un procédé infaillible pour la destruction du grisou par les étincelles électriques.* Manuscrit in-4° de 4 pages, 1889.

30989 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Exposition universelle internationale de 1889. Congrès international de mécanique appliquée. Production mécanique et utilisation du froid artificiel.* In-8° de 68 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

30990 — De M. P. Hanrez (M, de la S.). *Note de M. Thibaut sur un Générateur multitubulaire, système P. Hanrez.* In-8° de 12 pages avec pl. Bruxelles, Harty et Loignon, 1889.

30991 — Du même. *Exposition universelle de 1889. Notice sur un générateur inexplosible multitubulaire, système P. Hanrez.* In-4° de 4 pages.

30992 — Du même. *Projet de voiture à couloir continu. Train articulé et assemblé par des pivots.* Notice et dessin in-4°.

30993 — Du même. *Machine à descendre et monter les ouvriers dans les puits de mines.* Dessin autographié.

30994 — Du même. *Séchoir de vapeur appliqué aux machines locomotives.* Dessin autographié.

30995 — Du même. *Défourneuse à coke.* Dessin.

30996 — Du même. *Écluse à grande dénivellation.* Dessin.

30997 — De M. Berger-André. *Exposition universelle de 1889. Machine Corliss à mouvement de distribution.* In-8° de 15 pages avec pl. Nancy, Berger-Levrault, 1889.

30998 — De l'American Society of civil Engineers. *The new notation of Time. Report of the special committee on uniform standard Time.* In-8° de 21 p., 1889.

30999 — De M. J. Logre (M. de la S.). *Établissement Menier. Domaine de Noisiel. Exploitation agricole. Notes sur son étendue et sur son organisation.* In-8° de 16 pages avec pl. Paris, E. Plon et C^ie^, 1889.

31000 — Du même. *Exposition universelle de 1889. Menier. Fabrication spéciale des chocolats de qualité supérieure.* In-8° de 36 pages avec pl. Paris, E. Plon et C^ie^, 1889.

31001 — Du même. *Exposition universelle de 1889. Menier. Économie*

sociale. Type des maisons de Noisiel à deux logements isolés. In-8° de 8 pages avec pl. Paris, E. Plon et C^ie^, 1889.

31002 — De M. A. Dornès (M. de la S.). *Note sur le colmatage de la plaine de « La Crau » et le dessèchement des marais de Fos en vue de leur mise en culture.* Grand in-8° de 39 pages avec pl. Paris, Imp. Chaix, 1889.

31003 — De M. A. M. Kowalski (M. de la S.). *Compagnie des Chemins de fer de Bône-Guelma et prolongements. Statistique générale.* 16 feuilles in-4°. Paris, Aost et Gentil, 1889.

31004 — Du même. *Exposition universelle de 1889. Notice sur l'Exposition de la Compagnie des Chemins de fer de Bône-Guelma.* In-8° de 14 pages. Paris, L. Brou, 1889.

31005 — Une brochure sur l'*Assainissement de Paris et soi-disant de la Seine. L'eau de Seine et le service de l'assainissement.* In-8° de 8 pages. Paris, L. Mayer et C^ie^, 1889.

31006 — De MM. G. Raty et C^ie^. *Exposition universelle de 1889. Le ciment Portland de laitier de Saulnes.* In-8° de 15 pages. Paris, Ed. Rousset et C^ie^, 1889.

31007 — De la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans. Exposition universelle de 1889. *Note sur les objets exposés.* In-4° avec planches. Paris, P. Mouillot, 1889.

31008 — De la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest. *Exposition universelle de 1889. Notice sur le matériel, les modèles et les dessins exposés.* In-4° de 37 pages avec planches. Lille, L. Danel, 1889.

31009 — Du Congrès international des accidents du travail. *Association de propriétaires d'appareils à vapeur.* In-8° de 29 pages, par M. Ch. Compère (M. de la S.).

31010 — Du même. *De l'intervention des tribunaux pour la fixation des indemnités en cas d'accidents du travail.* In-8° de 14 pages. par M. R. Jourdain.

31011 — Du même. *Différences à apporter dans l'organisation de l'assurance, suivant que les incapacités sont de courte ou de longue durée,* par Ch. Bodenheimer. In-8° de 10 pages.

31012 — Du même. *Mesures préventives contre les accidents. Mesures prises par les industriels et les associations d'industriels en France et à l'étranger pour prévenir les accidents,* par H. Mamy. In-8° de 8 pages.

31013 — Du même. *La responsabilité des accidents du travail et le risque professionnel,* par Ch. Dejace. In-8° de 70 pages.

31014 — Du même. *Définition des accidents du travail en France et à l'étranger.* In-8° de 34 pages. Par H. Marestaing.

31015 — Du même. *État de la question des accidents du travail en France et à l'étranger,* par N. Droz. In-8° de 34 pages.

31016 — Du même. *Définition et statistique des accidents, 2e partie : 1° Statistique des accidents du travail ; 2° Eléments de prix de revient de l'assurance*, par O. Keller. In-8° de 55 pages.

31017 — Du même. *Réglementation et inspection officielle des établissements industriels dans les divers pays, 1re partie*, par A. Olry. In-8° de 52 pages.

31018 — Du même. *Réglementation et inspection officielle des établissements industriels dans les divers pays, 2e partie*, par Laporte. In-8° de 19 pages.

31019 — Du même. *Réglementation et inspection officielle des établissements industriels dans les divers pays, 3e partie*, par Livache. In-8° de 18 pages.

31020 à 31022 — De l'Observatorio meteorologico central de Mexico. *Memoria presentada al Congreso de la Union por el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento. Colanizacion, Industria y Commercio de la Republica Mexicana, 1877 à 1882*, par le général Carlos Pacheco. Grand in-4°, tomes I à III. Mexico, typ. de la Secretariá de Fomento, 1885.

31023 — De la Compagnie du frein à vide. *Expériences faites avec la valve additionnelle et à action rapide sur les trains militaires. Documents. Exposition universelle de 1889.* In-8° de 14 pages. Paris, Impr. Chaix, 1889.

31024 — De M. Ch. Saint-Dizier. *Notice sur une locomotive à grande vitesse à quatre roues indépendantes ou couplées, de 3,200 m de diamètre. Équilibrée par quatre pistons. Suppression du lacet.* In-4° de 17 pages avec planches. Mons, J. Boulle, 1889.

31025 à 31028 — De M. E. Farcot (M. de la S.). *4 dessins de ventilateur pour la Société des mines de Campagnac à Cransac, système E. Farcot*, 1886.

31029 — De M. R. Hutton (M. de la S.). *Washington Bridge over the Harlein River at 181 st street in the City of New-York.* Photographie, 1889.

31030 — De M. Holtzer (M. de la S.). *Notice sur les aciéries et forges d'Unieux (Loire).* In-4° de 25 pages. Paris, Girard fils, 1889.

31031 — De M. E. Parent (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Notice sur le matériel roulant figurant à l'Exposition.* In 4° de 20 pages avec planches. Paris, P. Mouillot, 1889.

31032 à 31034 — De l'Observatorio meteorologico central de Mexico.
Carte de l'inondation de la Ciudad de Lagos.
Carte de l'inondation de la Ciudad de Léon.
Carte de la trajectoire du cyclone de septembre 1888 au travers de l'île de Cuba.

31035 à 31042 — De l'Institution of mechanical Engineers. Huit brochures relatives au *Meeting de Paris en 1889.*

31043 — De M. D. Poulot (M. de la S.). *Méthode d'enseignement manuel.* In-folio de 424 pages. Paris, Monrocq, 1889.

31044 — De MM. Toisoul et Fradet. *Appareil crématoire breveté S. G. D. G. Type de la Ville de Paris.* Grand in-8° de 10 pages avec planches. Paris, Choquet, 1889.

31045 — De M. A. Palaz. *L'électricité industrielle et la téléphonie en Suisse.* In-8° de 39 pages. Lausanne, A. Jaunin, 1889.

31046 — Du Comité des Forges de France. *L'industrie sidérurgique à l'Exposition universelle de 1889.* Grand in-8° de 112 pages avec planches. Paris, Ve Ethiou-Pérou et fils, 1889.

31047 — De l'Institution of civil Engineers. *Minutes of proceedings of the Institution of civil Engineers with oth selected and abstracted Papers. Vol. XCVII.* In-8° de 525 pages avec planches. 1888-1889, Part. III. London, 1889.

31048 — De la Society of Engineers. *Transactions for 1888 and general index 1861 to 1888.* In-8° de 279 pages. London, E et F.-N. Spon, 1889.

31049 — De la Direction générale des Douanes. *Tableau général du Commerce de la France pour l'année 1888.* In-folio de 761 p. Paris, Imp. Nat., 1889.

31050 — De M. A. Evrard (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Congrès international des mines et de la métallurgie. De l'emploi des bains métalliques dans le traitement final des grosses pièces en acier, et notamment des pièces de cuirassement.* Grand in-8° de 15 pages. Paris, Chaix, 1889.

31051 — De l'Institut de France. *Lois, statuts et règlements concernant les anciennes académies et institut, de 1635 à 1889. Tableau des fondations*, par L. Aucoc. Grand in-8° de 451 p. Paris, Imp. Nat., 1889.

31052 et 31053 — Du Ministère des Travaux publics. *Exposition universelle à Paris, en 1889. Notices sur les modèles, dessins et documents divers, relatifs aux travaux des Ponts et Chaussées et des mines, réunis par les soins du Ministère des Travaux publics : Ponts et Chaussées.* Grand in-8° de 811 pages.

Mines. Documents divers. Grand in-8° de 471 p. Paris, Imp. Nat., 1889.

31054 — Du Smithsonian Institution. *Annual Report of the Board of Regents Smithsonian Institution for the year Ending June 30, 1886. Part I.* Grand in-8° de 878 pages. Washington, Government Printing office, 1889.

31055 — Du Navy Department. *Naval mobilization and improvement in materiel.* Grand in-8° de 485 pages. Washington, Printing office, 1889.

31056 — De la R. Universita Romana. *Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1889-1890.* In-12 de 114 pages. Roma, Tip. della R. Accademia dei Leincei, 1889.

31057 — De M. P. Pignant (M. de la S.). *Principes d'assainissement des*

habitations des villes et de la banlieue, 3e fascicule. Lyon, Darantière, 1889.

31058 — Du Navy Department. *Report on European Docks-Yards de M. P. Hicheborn.* In-4° de 90 pages avec pl. Washington. Government Printing office 1889.

31059 — De M. N. Belelubski (M. de la S.). *Reconstruction du pont Uwood, en Russie.* Atlas (en Russe). Saint-Pétersbourg, 1884.

31060 — Du même. *Pont sur le Volga. Chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Moscou.* Atlas (en Russe). Kazan, 1885-1886.

31061 — De M. E. Lecocq (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Notice sur le matériel exposé par la Compagnie des Chemins de fer du Midi.* In-4° de 40 pages avec pl. Lille, L. Danel, 1889.

31062 — De MM. Baudry et Cie. *Bulletin de l'Institut égyptien, n° 9, de 1888.* In-8° de 210 pages. Le Caire, J. Barbier.

31063 — Du Commissariat général de l'Empire du Brésil. *Le Brésil en 1889, avec une carte de l'Empire en chromolithographie, des tableaux statistiques, des graphiques et des cartes.* Grand in-8° de 698 pages, par F.-J. de Santa-Anna Nery. Paris, Ch. Delagrave, 1889.

31064 — De M. F. Marti. *Appareils pour la construction et l'enclanchement des leviers, des aiguilles, des signaux et des barrières de passage à niveau.* Grand in-4° avec pl. Winterthour, Ziegler, 1889.

31065 — De M. W. O. Ghertsenchtein. *La préservation des bois et particulièrement des traverses contre les insectes et les pourritures.* Grand in-8° de 178 pages (en russe). Saint-Pétersbourg, 1887.

31066 — De M. Zimine. *Compte rendu sur l'exploitation de la Compagnie des eaux de la ville de Samara.* Grand in-8° de 65 pages (en russe). Moscou, 1889.

31067 — De M. de Koning (M. de la S.). *Compte rendu de la visite faite à Paris, par les Ingénieurs hollandais* (de l'Ingénieur, n° 38), In-4° de 4 pages. S'Gravenhage, 1889.

31068 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders de la province de Groningen Withuizen n° 1.*

31069 — De M. J. A. L. Waddell (M. de la S.). *General specifications for highway Bridges of Iron and Steel* (2e édition). In-8° de 64 pages. Kamas, Selden et Spencers, 1889.

31070 — De M. Ch. C. Rogers. *Intelligence Report of the Panama canal.* In-8° de 57 pages avec pl. Washington, Government Printing Office, 1889.

31071 à 31075 — Du Ministère des Travaux publics. 5 fascicules relatifs au *Congrès des Sociétés savantes.*

31076 — De J. Tideman. *Gedichten.* In 8° de 168 pages. S'Gravenhage van Langenhuysen, 1889.

31077 — De l'Accademia in Modena, *Memorie della Regia Accademia di*

Scienze, Lettere ed Arti in Modena. In-4° de 528 pages, série II, vol. VI. Modena, 1888.

31078 à 31079 — De M. Ch. Vigreux, fils. *Revue technique de l'Exposition universelle de 1889.* Texte et atlas. Grand in-8. Paris, E. Bernard et Cie, 1889.

31080 — De M. H. Mathieu (M. de la S.). *De la consommation des traverses en bois employées sur les voies du réseau français.* (Revue générale des chemins de fer, juillet 1889.) In 4° de 12 pages. Paris, Ch. Dunod, 1889.

31081 — De M. Belelubski (M. de la S.). *Laboratoire mécanique de l'Institut impérial des Ingénieurs des voies de communication de 1875 à 1886.* Grand in-8° (en russe). Saint-Pétersbourg, 1886.

31082 Et une photographie du laboratoire.

31083 à 31089 — Du Même. 17 photographies de divers *ponts exécutés par M. Belelubski.*

31100 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). *Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Étude expérimentale de la vaporisation dans les chaudières de locomotives*, par M. A Henry. In-4° de 18 pages avec pl. Paris, A. Maulde et Cie, 1889.

31101 — Du même. *Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Note sur les locomotives Compound P.-L.-M.*, par Ch. Baudry (M. de la S.). In-4° de 32 pages avec planches. Paris, A. Maulde et Cie, 1889.

31102 — Du même. *Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Exposition universelle de 1889. Notices sur le matériel roulant exposé par le service du matériel et de la traction.* In-4° avec pl. Paris, A. Maulde et Cie, 1889.

31103 — De M. A. de Montgolfier. *Notice sur les établissements de la Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la Marine et des Chemins de fer. Exposition de 1889. Catalogue des objets exposés.* In-4° de 76 pages avec pl. Saint-Chamond, A. Poméon, 1889.

31104 — De MM. Caillard frères (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Note sur l'établissement de MM. Caillard frères, constructeurs au Havre.* In-4° de 14 pages. Le Havre, Peulvé Lesauvage, 1889.

31105 — Du même. *Catalogue illustré des machines et appareils spéciaux construits par la maison Caillard frères.* In-4° de 60 pages. Le Havre, E. Costey, 1889.

31106 à 31110 — De M. Deghilage (M. de la S.), au nom de M. Th. West, de Darlington. *Histoire de la locomotive en Angleterre. Histoire de la locomotive en Amérique. Types de locomotives du chemin de fer de Stockton à Darlington et North Estearn, 1825-1885. Locomotives anglaises, 1837-1886*, 8 feuilles. Darlington, Harrison Penney, 1889. *An outline History of the Locomotive*

Engine. (Cleveland Institution of Engineers, session 1885-86.) In-8° de 78 pages. Darlington, James Bodds, 1887.

31111 — De M. H. Hervegh (M. de la S.). *Escavatori Meccanici,* par M. J. Maganzini. In-4° de 72 pages avec pl. Roma, Fratelli Centenari, 1889.

31112 — De M. W. F. Booth. Photographie du *pont de Poughkeepsie.*

31113 — De M. O. Chanute. *The Preservation of timber. Report of the Committee of the preservation of timber presented and accepted at the annual convention juin 25 th 1885.* In-8° de 398 pages. American Society of civil Engineers, 1885.

31114 — De M. J. de Meeus (M. de la S.). *Memento de l'Ingénieur constructeur, publié par le Moniteur industriel, pour 1889.* Petit in-32 de 152 pages.

31115 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Exposition universelle internationale de 1889,* à Paris. *Conférence sur l'enseignement professionnel, en France, depuis 1789.* In-8° de 27 pages. Paris, Guillaumin et André, Daly et C^ie^, 1889.

31116 — *Types de traverses diverses pour chemins de fer.* Dessins comprenant 53 figures.

De MM. Roux (M. de la S.). *Un appareil à reproduire, à un très grand nombre d'exemplaires, divers originaux, portant le nom de « Mimeograph Edison ».*

31117 — Du Président du Comité exécutif du *Congrès des Ingénieurs et Architectes à Palerme. — Programme du VII^e^ Congrès national et international* (in-4° de 4 p.). — Palerme, 1889.

31118 — De M. Jefferds, *Notices sur les wagons Goodfellow et Cushman à châssis tubulaires* (in-4° de 6 p.). — Paris, V^e^ Hugonis, 1889.

31119 — De M. E. Cacheux (M. de la S.), *Exposition universelle internationale de 1889. — Congrès international de sauvetage. — Procès-verbaux sommaires* (grand in-8° de 39 p.). — Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31120 — De M. C. Helson, *Notice sur les traverses métalliques « Goliath »,* (in-8° de 28 p. avec pl.), Brescia, 1889.

31121 — De M. L. Valentin (M. de la S.), *Notice sur la Société anonyme et de construction des ateliers de Willebroeck,* (in-4° de 4 p. avec pl.).

31122 — De M. le baron Quinette de Rochemont, *Port du Havre. — Notice sur le Bassin Bellot,* par M. Desprez (Annales des Ponts et Chaussées, 1889), (in-8° de 97 p. avec pl.). — Paris, Dunod, 1889.

31123 — Du même, *Port du Havre. — Mémoires sur les nouvelles portes en tôle de l'écluse des transatlantiques,* par Ed. Widmer et H. Desprez (Annales des Ponts et Chaussées, 1887) (in-8° de 57 p. avec pl.)

31124 — Du même, *les Ports maritimes. — Le Havre. — Conférence faite*

au Palais du Trocadéro, par M. le baron Quinette de Rochemont (in-8° de 35 p.). — Havre. Imprimerie du Commerce, 1889.

31125 — Du même, *Exposition universelle de 1889. — Congrès international des travaux maritimes. — Le Port du Havre. — État actuel. — Travaux d'amélioration projetés* (in-8° de 16 p. avec pl.). — Paris, Lahure, 1889.

31126 — Du même, *Exposition universelle de 1889. — Congrès international des travaux maritimes. — Note sur l'outillage mécanique des ports du Havre*, par M. Widmer (in-8° de 16 p. avec pl.). — Paris, Lahure, 1889.

31127 — Du même, *Exposition universelle de 1889. — Congrès international des travaux maritimes. — Rôle et importance de l'outillage des ports*, par M. Desprez (in-8° de 12 p. avec pl.). — Paris, Lahure, 1889.

31128 — De M. F. Dehaître (M. de la S.). *Construction générale des machines et appareils pour le traitement et l'apprêt des tissus. — Industrie de la laine et de ses dérivés* (in-4° de 198 p. tome II). — Paris et Valence, J. Céas et fils, 1889.

31129 — De M. Ed. Peny (M. de la S.). *Exposition universelle de Paris en 1889. — Notice sur la Société anonyme des charbonnages de Mariemont et sur la Société charbonnière de Bascoup* (in-4° de 72 p. avec pl.). — Morlanwelz, E. Geuse, 1889.

31130 — De M. H. Paur (M. de la S.), *33 Jahres-Versammlung des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, vom 21.-23. sept. 1889, in St-Gallen (Schluss)*. (Schweizerische Bauzeitung, n° 14, de 1889). — Zurich, 1889.

31131 — De M. Tideman, *Het Koninklijk Institut van Ingenieurs te Parijs* (in-12 de 7 p.). — S. Gravenhage, 1889.

31132 — De M. de Montgolfier, *Les Ingénieurs anglais de l'Iron and Steell Institute dans la Loire. — Discours prononcé par M. de Montgolfier au banquet du 27 septembre 1889.* — Saint-Chamond, A. Poméon, 1889.

31133 — De M. Dubuisson (M. de la S.), *Essais sur l'amélioration des travaux publics. — Études dédiées aux Ingénieurs de France*, 1er volume (in-12 de 176 p.). — Paris, Bernard et Cie, et H. Morin, 1889.

31134 à 31150 — De M. Gruner (M. de la S.), *Exposition universelle de 1889. — 17 brochures relatives au Congrès international des mines et de la métallurgie.*

31151 à 31161 — De l'*Iron and Steel Institute. — 10 brochures relatives au Meeting de Paris du 24 au 26 septembre 1889.*

31162 — De MM. P. Desroches et H. Barreau, *Ville de Paris. — Métropolitain. Nouvel avant-projet (Réduction du grand plan exposé au Champ de Mars, dans la galerie des machines.* — Paris, Monrocq, 1889.

31163 — De M. G. Dumont (M. de la S.), *Notices sur les objets présentés à l'Exposition universelle de 1889, par le service de l'exploitation de la Compagnie des chemins de fer de l'Est* (in-4 de 46 p. avec pl.). — Paris, 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre sont :

Comme membres sociétaires : MM.

C. Bailloud, présenté par MM. J. Garnier, Lantrac et G. Salomon.
E. Brérault, — J. Garnier, Lantrac et G. Salomon.
A.-H. Collet, — Charton, Lecoq et Salmon.
R.-L. Denis, — Ansaloni, Collin et Gobert.
L.-J.-A. Doury, — Contamin, Portevin et Doury.
E.-L.-G. Herscher, — P. Buquet, Ch. Herscher et Carette.
P.-M. Lange, — Chapman, Jordan et Vaslin.
H. Pullès, — Mignot, d'Anthonay et Camus.
Z. de Rodakowski, — Bourdais, E. Chabrier et Pontzen.
J. Ryan, — Brüll, Chapman et Vaslin.
A.-F. Ventre-Bey, — Brüll, Lecellier et Raffard.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1889

Séance du 4 octobre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. G. EIFFEL

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 août est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. H. Bonnami, J. L. Laforestrie, A. Cail, A. Courant, A. Fournier, Ch. Goschler, L. Montagnier et F. Mathias.

Vous connaissiez tous, dit M. le Président, le nom de M. Bonnami, il était ancien conducteur des Ponts et Chaussées et s'occupait de la fabrication des chaux et ciments; il s'était fait remarquer par les communications qu'il nous avait faites à ce sujet et qui lui avaient valu cette année le prix Michel Alcan; il se proposait d'en présenter de nouvelles au Congrès des procédés de construction, dont il était rapporteur, quand la mort est venue le surprendre; c'est une perte pour la Société dont M. Bonnami était un membre très actif et très travailleur.

M. Ch. Goschler, décédé le 3 août dernier, était l'un de nos anciens Vice-Présidents. Tout le monde connait le rôle important joué par M. Goschler, ses ouvrages si remarquables et ses intéressants travaux; c'est une perte très sensible pour notre Société dont M. Goschler faisait partie depuis 1850.

M. Montagnier, membre de la Société depuis 1880, était un élève de M. H. Hersent; il s'occupait beaucoup de la question des travaux à l'air comprimé et avait introduit des perfectionnements dans l'emploi des caissons métalliques; sa mort prématurée nous cause de vifs regrets.

Enfin, la Société déplore la perte de M. Félix Mathias, ancien Ingénieur, chef de l'Exploitation du chemin de fer du Nord, ancien Vice-Président de la Société dont il était membre depuis sa fondation (1848).

M. LE PRÉSIDENT dit que M. Félix Mathias était connu, aimé et estimé de tous nos collègues, il rappelle l'intérêt qu'il portait aux anciens élèves de l'École Centrale, et il prie M. V. Contamin, qui a été chargé de représenter la Société aux obsèques, de vouloir bien redire les paroles qu'il a prononcées en cette circonstance.

M. E. POLONCEAU, s'associant aux regrets exprimés par M. le Président, propose d'adresser, au nom de la Société, une lettre de condoléances à Mme Mathias. *(Approuvé.)*

M. V. CONTAMIN résume son discours en disant qu'il a tout d'abord exprimé les sentiments de profonde tristesse que la disparition si rapide de M. Mathias avait fait éprouver à la Société, puis rappelé qu'il avait été l'un de nos fondateurs, que sa bonté d'âme, son grand esprit de conciliation et sa vive intelligence, lui avaient conquis l'amitié et l'estime de ses collègues, qu'il avait été pendant une longue période membre de nos Comités et Vice-Président de notre Société, et qu'il avait toujours saisi avec empressement les occasions de nous témoigner sa bienveillance et sa sympathie lorsque nous avions à lui demander des facilités pour nos relations avec les Ingénieurs étrangers. Il a terminé en assurant la famille de M. Mathias de la respectueuse sympathie de la Société et de la grande part qu'elle prenait à la perte douloureuse qu'elle venait de faire. *(Applaudissements)*.

Le discours prononcé par M. Contamin aux obsèques de M. Félix Mathias sera inséré *in extenso* dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

M. G. Eiffel a été nommé Officier de l'Instruction publique et Commandeur de l'ordre du Sauveur de Grèce ; M. A. Huguet, Officier d'Académie ; M. S. Komarnicki, Chevalier de François-Joseph d'Autriche ; M. G. Delaunay-Belleville, Commandeur de Charles III d'Espagne : M. G. Aygaleng, Officier de l'ordre royal du Cambodge ; M. H. Chevalier, Commandeur du Lion et du Soleil de Perse.

M. LE PRÉSIDENT, parlant du prix accordé par M. Osiris à l'œuvre la plus remarquable de l'Exposition, dit que ce prix a été décerné à la Galerie des Machines. Nous en sommes d'autant plus heureux, dit M. le Président, que notre Vice-Président, M. V. Contamin, a pris la plus grande part à cette belle œuvre, et qu'il a été secondé dans cette tâche par nos collègues, MM. J. Charton et E. Pierron. M. le Président adresse les félicitations de la Société à MM. Contamin, Charton et Pierron. *(Applaudissements.)*

M. CONTAMIN est profondément reconnaissant à l'Assemblée de l'accueil qu'elle vient de faire aux paroles prononcées par son éminent président, mais il tient à rappeler le concours qui lui a été donné par ses collaborateurs de tous les degrés qui, tous, appartiennent à notre Société.

En récompensant la part prise par le service des constructions métalliques, sous la magistrale direction du plus illustre de nos Ingénieurs, de M. Alphand, à l'édification du Palais des Machines, le comité de la

Presse a rendu, en réalité, hommage aux services rendus par le Génie civil tout entier; nous ne pouvons que l'en remercier. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. H. Hervegh, membre de la Société, une lettre accompagnant l'envoi d'une brochure très intéressante, intitulée : *Les excavateurs mécaniques*, par M. Italo Maganzini, Ingénieur du génie civil italien, et de M. A. Deghilage, membre de la Société, une autre lettre annonçant l'envoi de 14 planches relatives à *l'Histoire de la locomotive*, par M. Th. West, Ingénieur du North-Eastern Railway.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu de M. L. Vauthier une lettre relative à l'estuaire de la Seine. Bien que la discussion de cette question ait été déclaré close, M. le Président fait donner lecture des conclusions de cette lettre, en ajoutant qu'il bornera là, pour le moment, toutes les communications qui pourraient être faites à ce sujet.

M. Vauthier ne veut pas rouvrir un débat qu'on a cru devoir ajourner, mais il tient à faire connaître qu'il ne partage pas la manière de voir de M. de Coëne.

Il est donné ensuite communication d'une lettre de M. Tellier, membre de la Société, invitant ses collègues à venir voir fonctionner dans ses ateliers, 20, rue Félicien-David, un moteur à vapeur d'ammoniaque de son invention.

M. Lévy-Lambert écrit de Madrid pour réclamer la priorité, au sujet de la méthode graphique pour le calcul des ressorts, qu'il a publiée dans *les Annales des Ponts et Chaussées* en 1880, c'est-à-dire antérieurement à la communication de M. H. Chevalier, sur le même sujet, insérée dans le Bulletin de juillet 1887.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Haton de la Goupillière, relative à la réception de l'Iron and Steel Institute et annonçant que la Société d'Encouragement a été très heureuse de mettre gratuitement à la disposition de notre société sa grande salle de réunion pour le meeting tenu par les Ingénieurs anglais.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il adressera les remerciements de la Société à M. Haton de la Goupillière, et lui exprimera notre reconnaissance pour son aimable lettre. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT fait ensuite donner lecture de plusieurs lettres de remerciement qu'il a reçues des Ingénieurs étrangers venus à l'Exposition. Ces lettres, conçues dans les termes les plus flatteurs pour la Société et pour son Président, seront reproduites *in extenso* dans le Bulletin; elles émanent :

1° Du Président et du Secrétaire de l'Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'université de Louvain ;

2° Du Président et du Secrétaire du Comité de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais ;

3° Du Conseil d'administration des Sociétés réunies des Ingénieurs américains.

4° Du Président et du Secrétaire de la Société des Ingénieurs sortis de l'École Polytechnique de Bruxelles.

La lecture de chacune de ces lettres est accueillie par de *vifs applaudissements*.

M. LE PRÉSIDENT communique également une dépêche reçue de M. le général Annenkoff, et dans laquelle l'éminent Ingénieur du chemin de fer transcaspien lui adresse ses remerciements à l'occasion du discours qu'il a prononcé le 18 septembre pour la réception des Ingénieurs russes. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'aux noms précédemment cités des membres ayant fait abandon à la Société des bons souscrits par eux à l'emprunt de 75 000 *f*, il y a lieu d'ajouter ceux de MM. L. Courras, A. Martin et Léon Dru ; ce qui représente un total de 33 bons, soit 1 650 *f*. M. le Président adresse à nos collègues les remerciements de la Société. *(Applaudissements.)*

M. S. PÉRISSÉ a la parole pour le compte rendu des réceptions faites à divers groupes d'Ingénieurs étrangers.

Notre Président m'a chargé de vous présenter, dit M. Périssé, un compte rendu sommaire des deux grandes réceptions des deuxième et troisième semaines de septembre. C'est avec un vif plaisir que je vous parlerai d'Ingénieurs dont la plupart nous ont déjà fait chez eux l'accueil le plus cordial et le plus empressé et qui appartiennent tous à des nations qui nous sont sympathiques.

C'est le mardi 10 que nous avons ouvert la série des réceptions de septembre.

RÉCEPTION DES INGÉNIEURS BELGES ET HOLLANDAIS

Ce jour-là, plus de cinq cents Ingénieurs belges et hollandais ont répondu à notre invitation.

Pour la Belgique :

L'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, avec M. Montefiore-Lévi, son président, et M. Habets, son secrétaire;

L'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand, avec M. Morelle, président, et M. d'Hauw, secrétaire;

La Société des Ingénieurs de l'Université de Louvain, avec M. Fabry, président, et M. Flettweis, secrétaire;

La Société des Ingénieurs de l'Université de Bruxelles, avec M. Van Drunen, président;

La Société des Ingénieurs sortis de l'École des Mines du Hainaut, à Mons, avec M. Briard, président, et M. Willot, secrétaire;

Et pour la Hollande :

L'Institut Royal Néerlandais, sous la direction de M. Michaëlis, président, et de M. Tideman, secrétaire.

La première réunion a eu lieu à l'Exposition, à notre Salon du Palais des Machines.

M. V. Contamin a souhaité la bienvenue à tous nos hôtes ; il a rappelé qu'ils ont contribué pour une part importante au succès de notre Expo-

sition, et il les a assurés de toute notre sympathie, espérant qu'ils emporteront de notre pays la conviction qu'ils y comptent de bons et dévoués amis.

M. Morelle, président de l'Association de Gand, et M. Montefiore-Lévi, président de l'Association de Liège, qui avait hâté son retour de Constantinople pour se trouver au rendez-vous, ont bien voulu, par les paroles les plus aimables, nous exprimer, au nom de tous leurs compatriotes, la satisfaction qu'ils éprouvaient à se trouver au milieu de nous.

M. Michaëlis a prononcé quelques paroles de bienvenue au nom des Ingénieurs hollandais.

Sans plus tarder, et avant la formation des groupes, nous nous sommes tous rendus dans la section Belge, au Palais des Machines, où nous attendait M. Carlier, commissaire général, accompagné de M. E. Carez, ingénieur de la section belge, membre de notre Société, qui nous ont offert le vin d'honneur au milieu de ces belles machines que la Belgique nous a envoyées; puis, nous avons visité les expositions de la Belgique et de la Hollande.

Le groupement s'est ensuite opéré : Mines, Métallurgie, Mécanique, Sucrerie, Chemins de fer, Électricité et Travaux publics, et, sous la conduite de membres de notre Société, les groupes ont visité jusqu'à midi les parties de l'Exposition qui les intéressaient.

C'est le même jour, à 9 heures du soir, que notre Président, M. G. Eiffel, assisté des représentants du Comité et de la Société, a reçu nos invités, dans notre hôtel, richement décoré pour la circonstance dans ses trois étages. Dans notre salle des séances, un plancher avait été installé, pour la convertir en salle de réception et de concert, avec un orchestre et un chanteur, qui s'est fait entendre en plusieurs langues. L'éclairage électrique supplémentaire nous a été gracieusement fourni par M. Serpollet, au moyen d'un appareil générato-moteur de deux chevaux, actionnant une dynamo, et notre collègue, M. Damoizeau, nous a montré son intéressant appareil photo-panoramique. Au premier étage, dans notre salle du Comité, avaient été installés des appareils pour des auditions téléphoniques de la représentation de l'Opéra-Comique, appareils que M. L. Berthon avait bien voulu mettre à notre disposition. Dans notre bibliothèque était le buffet. Enfin, au rez-de-chaussée, M. Trouvé a montré, avec son nouveau projecteur électrique, les sections très agrandies et très nettes de diverses pièces métalliques qui ont vivement intéressé un grand nombre de nos collègues étrangers.

Le lendemain mercredi, à 8 heures et demie du matin, a eu lieu l'ascension de la Tour Eiffel par l'appareil Otis de la pile Sud et, bien entendu, par l'ascenseur Edoux. Notre Président a fait lui-même les honneurs de son œuvre, avec le concours de MM. A. Salles et A. Ansaloni, et nos collègues étrangers ont pu s'élever jusqu'à la plate-forme découverte qui entoure les laboratoires, et même jusqu'à la quatrième plate-forme, toute voisine du phare. Par cette belle journée, le panorama était splendide, et il a fallu, pour y renoncer, l'aiguillon de l'appétit surexcité par l'air pur que l'on respire au haut de la Tour de 300 mètres. *(Applaudissements.)*

C'est au premier étage de la Tour que notre Société a offert un déjeuner auquel ont assisté environ 350 convives, et, vu le nombre, nous avons dû nous partager en deux groupes : le plus important, au restau-

rant Brébant, sous la présidence de M. Eiffel, et l'autre, au restaurant d'Alsace-Lorraine, sous la présidence de MM. Contamin et Polonceau.

La plus grande cordialité n'a cessé de régner pendant le déjeuner, auquel assistaient MM. Van Lier, consul général des Pays-Bas, Bechmann, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Noblemaire, Directeur de la Compagnie P.-L.-M., Launay, Castel, Coffinet, Courras et M. Navarro Reverter, député aux Cortès. De nombreux toasts ont été portés.

M. Eiffel prend le premier la parole; voulant avant tout réunir dans un même toast, comme symbole de l'union de nos patries, les noms de leurs chefs respectés : S. M. le roi des Belges, S. M. le roi des Pays-Bas et M. Carnot, président de la République française. Il rappelle ensuite l'accueil chaleureux et sympathique qui nous a été fait en Hollande et en Belgique, et aime à penser que nos hôtes ont visité une France qui travaille et qui pense, qui ne cherche qu'à entretenir avec toutes les nations les relations les plus amicales en marchant avec elles dans la voie du progrès. Il boit à la prospérité des grandes Écoles techniques de Belgique et de l'Institut royal néerlandais.

A ce toast, souligné par des bravos nombreux et enthousiastes, M. Carlier, Commissaire général de l'Exposition de Belgique, répond en félicitant la France d'avoir mis à sa tête un homme dont il a été à même d'apprécier les hautes qualités et qui la représente si dignement dans l'année où elle célèbre le centenaire de 1789. Faisant ensuite l'éloge de M. Eiffel et de ses travaux, il porte sa santé dans cette merveilleuse Tour connue du monde entier.

M. Montefiore-Lévi, au nom des Ingénieurs de Belgique, et plus spécialement des Ingénieurs de Liège, a rappelé les importants et grandioses travaux exécutés par M. Eiffel. Partout, jusque dans l'extrême-Orient, il a trouvé la reproduction de la Tour, qui lui paraît être la dernière expression de l'art de l'Ingénieur. Il boit à la Société des Ingénieurs civils de France, représentée par son Président.

M. Michaëlis, au nom de l'Institut néerlandais, rappelle en termes spirituels la grandeur des difficultés vaincues par M. Eiffel dans tous ses travaux. Pour livrer de pareils combats pacifiques, il lui a fallu, non seulement la science approfondie de l'Ingénieur, mais encore une santé robuste, à la continuation de laquelle il lève son verre.

M. Morelle s'est fait l'interprète éloquent des Ingénieurs de Gand pour remercier les Ingénieurs français, leurs professeurs et maîtres, et notamment M. Bommart, Ingénieur des Ponts et Chaussées, qui a présidé à l'organisation de l'École de Gand. Il porte un toast aux Ingénieurs français et à la continuation des relations fraternelles qu'ils ont avec les Ingénieurs belges, dans l'intérêt de la propagation de la science.

Les applaudissements les plus vifs ont accompagné chacun de ces toasts.

Dans une allocution très applaudie, M. Tideman a présenté un parallèle très saisissant entre la Tour de Babel et la Tour Eiffel. L'une a été le symbole du désaccord des hommes et de la perturbation des langues, l'autre est le symbole de la sainte alliance des peuples.

Enfin, M. de Koning, notre collègue hollandais, a proposé un toast à

la France, et les cris de : « Vive la France! » ont été suivis de ceux de : « Vive la Belgique! » et « Vive la Hollande! »

Le lendemain jeudi, nos invités, pour lesquels nous avions obtenu une autorisation spéciale de M. Alphand, directeur général des travaux de Paris, et de M. Bechmann, Ingénieur en chef, ont visité les égouts en quatre groupes, qui ont successivement parcouru le réseau depuis la place de la Madeleine jusqu'au Châtelet et inversement.

Le même jour, sous la conduite de M. P. Buquet, Président de l'Association amicale, avait lieu une visite de l'École centrale des Arts et Manufactures, dont les honneurs ont été faits, en l'absence de M. Cauvet, Directeur de l'École, par plusieurs professeurs et membres de notre Société, MM. Jordan, Contamin, Vigreux, Tresca, Deharme, Lipmann, etc., qui nous ont montré les amphithéâtres, les laboratoires et les collections.

Dans l'après-midi, dans une excursion à Gennevilliers, M. Launay, Ingénieur des Ponts et Chaussées, a bien voulu nous guider dans la visite des usines d'élévation des eaux d'égouts, en donnant les explications les plus détaillées et les plus intéressantes.

Le lendemain, vendredi, sur l'invitation que MM. Menier avaient bien voulu nous faire, nous nous rendions, au nombre de 220, à la gare de l'Est, où la Compagnie avait, sur notre demande, gracieusement organisé un train spécial qui nous a menés directement jusque dans l'usine de Noisiel.

Après une visite des plus détaillées des superbes installations de cette usine, sous la conduite de MM. Henri, Gaston et Albert Menier, au cours de laquelle nous avons pu suivre toutes les phases de la fabrication du chocolat, depuis le triage des graines jusqu'à l'achèvement complet des tablettes et leur mise en paquets, nous sommes allés voir les installations philanthropiques, cités ouvrières, écoles, magasins d'approvisionnements, etc., auxquelles MM. Menier donnent peut-être plus de soins qu'à leur usine même, si belle cependant.

A midi et demi, nous étions réunis dans un grand hall, nouvellement construit, et qui, pour la circonstance, avait été transformé en une splendide salle de banquet et de réception.

Après un déjeuner admirablement servi, de nombreux toasts ont été portés : permettez-moi, mes chers collègues, de les citer seulement, sans les résumer, puisqu'ils doivent être imprimés *in extenso* en souvenir de cette belle journée.

M. Eiffel a porté la santé de MM. Menier ; M. Gaston Menier, celle des Ingénieurs belges et hollandais réunis à Noisiel ; M. Debeil, ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées de Belgique, a bu à la prospérité des beaux établissements de MM. Menier ; M. Michaelis a promis de garder un souvenir ineffaçable de cette journée ; le colonel hollandais Van Zuylen, membre du Conseil de l'Institut royal, a bu à la France et à sa prospérité ; M. Edouard Bourdon a porté la santé de M^me^ Menier ; M. Tideman a bu à la sainte alliance des peuples ; M. Périssé, aux présidents et secrétaires des Sociétés représentées ; M. de Koning, au succès de l'Exposition du centenaire ; M. le baron Sadoine, à l'union des Ingénieurs.

Et, reprenant la parole, M. Menier a réuni en un seul les trois toasts: à S. M. le roi des Belges, à S. M. le roi des Pays-Bas, et à M. Carnot, président de la République française.

A quatre heures, le train spécial nous ramenait à Paris. Là s'arrêtait le programme primitif du séjour des Ingénieurs belges et hollandais à Paris, mais M. Decauville, toujours obligeant, avait bien voulu se mettre à notre disposition pour faire visiter ses ateliers de Petit-Bourg à ceux d'entre nous que cela intéressait plus particulièrement.

Plus de 150 ingénieurs étrangers avaient répondu à son appel, et, le lendemain, samedi, nous partions par un train spécial que la Compagnie P.-L.-M., avait bien voulu mettre à notre disposition. M. Picard, Ingénieur en chef de l'exploitation, avait eu, lui-même, l'obligeance de nous accompagner.

A Corbeil, nous attendaient quatre trains remorqués par quatre locomotives de systèmes différents : vapeur, air comprimé, eau chaude sous pression, électricité.

Après une visite des plus intéressantes, dans laquelle nous avons assisté à la fabrication complète du matériel de la voie et du matériel roulant, ainsi qu'à des expériences de transport de lourdes charges sur des voies improvisées, un train spécial sur voie de 60 *cm* nous a menés au château des Tourelles où M. Decauville avait fait préparer un déjeuner. A notre arrivée sur la pelouse du château, la musique de l'Usine, dissimulée sous un bouquet d'arbres, a joué successivement l'Hymne national belge, l'Hymne national hollandais et *la Marseillaise*. Cette délicate attention a été très appréciée par les Ingénieurs étrangers.

Une animation des plus cordiales n'a cessé de régner pendant le déjeuner, à l'issue duquel, M. P. Decauville, et après lui, MM. A. Mallet, Van Zuylen et Michaëlis ont pris successivement la parole.

A quatre heures, le train spécial nous ramenait à Paris, et nous prenions définitivement congé de nos hôtes. *(Applaudissements.)*

RÉCEPTION DES INGÉNIEURS ESPAGNOLS, RUSSES, PORTUGAIS, BRÉSILIENS ET CHILIENS

La semaine suivante a eu lieu la réception de : 60 Ingénieurs espagnols, 90 Ingénieurs russes, 25 Ingénieurs portugais, 7 Ingénieurs brésiliens et de quelques Ingénieurs chiliens.

Ces messieurs se sont trouvés réunis le mardi 17, à 9 heures du matin, dans notre salon de l'Exposition. M. Eiffel, au nom de la Société des Ingénieurs civils, leur a souhaité la bienvenue, et aussitôt après, on a procédé à la formation des groupes pour la visite de l'Exposition.

Le soir, nous nous sommes tous réunis dans notre hôtel, décoré comme la semaine précédente; la fête a eu le même éclat, grâce aux dévoués concours qui nous ont été donnés, et grâce aussi à la franche cordialité qui n'a cessé d'y régner. Notre Président a été heureux de remettre à M. Borodine, notre collègue russe et notre lauréat, la médaille d'or qui lui a été récemment décernée. Avant la séparation, un groupe d'Ingénieurs russes a fait subir à M. Eiffel une sorte « d'élévation sur le

pavois », honneur réservé dans leur pays aux hommes qui se sont illustrés. *(Applaudissements.)*

Le lendemain matin mercredi, a eu lieu l'ascension de la Tour jusqu'au phare. Cette ascension a été, comme la première, favorisée par un temps splendide ; elle a enchanté nos hôtes, et, à 11 heures et demie, nous nous trouvions tous au restaurant Brébant, au premier étage de la Tour, où le déjeuner a été servi.

Des toasts nombreux et enthousiastes, vous n'en doutez pas, ont été portés, et je vais les résumer aussi brièvement que possible.

M. Eiffel, notre président, a d'abord levé son verre en l'honneur du Président de la République Française, et a uni dans un même toast respectueux et sympathique : S. M. l'Empereur de Russie, S. M. la Reine Régente et le Roi d'Espagne, S. M. le Roi de Portugal, S. M. l'Empereur du Brésil et M. le Président de la République du Chili. Notre Président a ensuite énuméré les hautes qualités qui distinguent chacune des cinq nations qui nous sont chères, et s'adressant à leurs représentants, il les a assurés de la cordialité des sentiments avec lesquels notre Société les reçoit, et a levé son verre au développement des Arts de la Paix.

M. Belelubsky, professeur de l'Institut des Ingénieurs des voies de communication, à Saint-Pétersbourg, a fait une comparaison entre le grand pont sur le Volga, de 13 travées, pour le passage du chemin de fer d'Orembourg et la Tour Eiffel. Tous deux ont le même poids de fer, mais il y a cette différence que la Tour Eiffel présente un corps de géant et ne repose que sur quatre pieds. Il s'est plu à reconnaître que dans le développement du Génie civil en Russie, c'est le Génie français qui a exercé la plus grande influence, par ses savants et par ses grands Ingénieurs, et c'est en l'honneur de ces grands maîtres qu'il a salué le Génie civil de la France, représenté par notre Société.

M. Ybaretta, au nom de tous les Ingénieurs espagnols présents et absents, s'est excusé d'abord, mais bien à tort, de ne pas posséder la langue française, car, dans les termes les plus éloquents, il a fait l'éloge de l'Exposition et de cette ravissante ville de Paris. Parlant ensuite de la Tour Eiffel, il a rappelé les ouvrages remarquables que notre Président a construits au delà des Pyrénées. Il a bu à la Société des Ingénieurs civils et à son Président. *(Applaudissements.)*

M. de Mattos, notre collègue, président de la Société des Ingénieurs portugais, à Lisbonne, a levé son verre au nom des Ingénieurs portugais, et rappelant que ce sont des Ingénieurs français qui ont construit les principaux ouvrages d'art des chemins de fer de son pays, il a bu à la France, cette grande nation dont l'influence rayonne sur le monde entier.

M. de Mello, au nom des Ingénieurs brésiliens, a porté un toast aux Ingénieurs et au Génie français, si bien représentés par la Société des Ingénieurs civils de France.

M. Serge Gitcoff, Ingénieur russe, fait connaître la part importante que les Français ont prise en Russie depuis un siècle pour le développement des voies de communication et pour la création des écoles. et tous ces souvenirs viennent à son esprit au sommet de cette Tour du

haut de laquelle, non pas quarante siècles, mais cent ans seulement nous contemplent. Il remercie notre Société de sa réception et porte la santé de notre Président.

M. Garcia Faria, notre sympathique confrère de Barcelone, est heureux de rappeler les liens de compagnonnage et d'amitié qui se sont établis à Barcelone entre les Ingénieurs français et les Ingénieurs espagnols. Tous ses compatriotes et lui sont bien fiers de serrer la main de l'illustre ingénieur, qui en élevant en même temps que son nom, jusqu'aux nuages, le plus grand des monuments du monde, leur a montré la plus belle merveille de cette éblouissante Exposition. Il boit à la santé des Ingénieurs français qui viennent de remporter une glorieuse victoire, sans victimes et sans larmes. Il boit au Génie et à la gloire de la France.

M. Baranoff, Ingénieur russe, cite l'influence que le Génie français. en général, a eue sur les sciences exactes et sur les progrès humains du monde entier. C'est la science qui crée la richesse et qui améliore le sort de l'humanité, laquelle doit donc exprimer sa reconnaissance envers le Génie Français, en l'honneur duquel il porte son toast.

M. S. Périssé, Vice-Président, se lève pour faire remarquer que les Ingénieurs étrangers vantent très haut la science française, mais qu'ils oublient de parler de leur science à eux-mêmes, de leurs travaux importants dans toutes les branches de l'art de l'Ingénieur. Notre réunion est la preuve vivante que la science n'a pas de frontières et il boit à la science universelle, à l'union et à la confraternité des Ingénieurs du monde entier.

M. Edmond Roy, notre collègue, boit à la prospérité de l'Espagne et du Portugal, nos deux sœurs latines, et à la prospérité de la race slave représentée par la grande nation russe.

Les vivats les plus chaleureux et les plus unanimes ont accompagné ceux de ces toasts qui s'adressaient à notre chère patrie, et quoi que je puisse vous en dire, ceux d'entre vous qui n'étaient pas présents à ce banquet ne peuvent s'en faire une idée exacte.

Le lendemain, une partie de nos hôtes ont visité les égouts de Paris, et l'autre partie les ateliers de M. Eiffel, à Levallois-Perret, où devait être monté sous leurs yeux un pont de 45 *m* démontable, pour chemins de fer.

La dernière journée, vendredi 20 septembre, a été consacrée à une excursion à Petit-Bourg, chez M. Decauville, à laquelle tous les Ingénieurs étrangers n'ont pas manqué d'assister.

En effet, la réputation des ateliers Decauville est établie dans le monde entier, et chacun voulait voir par quels moyens et par quelle organisation était produit le matériel des petites voies ferrées, qui a déjà reçu des applications nombreuses dans un grand nombre de pays, même les plus éloignés.

La visite des ateliers a été des plus intéressantes, et ne l'ont pas été moins les expériences dans lesquelles on a fait évoluer devant nous, changer de voie et de direction, avec une rapidité et une facilité de manœuvre vraiment étonnantes, une pièce de canon de grandes dimensions.

M. Decauville nous a ensuite réunis à sa table et le déjeuner s'est terminé, bien entendu, par une série de toasts.

M. Decauville, après avoir porté la santé des chefs d'État des six pays représentés, a bu à M. Eiffel, notre Président.

M. Eiffel, après avoir loué le bon ordre et la parfaite organisation de l'usine, a bu à M. Decauville, à ses frères, et à la prospérité de l'établissement.

M. Ybaretta a bu aux Ingénieurs civils français.

M. Baranoff à l'union franco-russe.

M. de Mattos, aux industriels féconds et intelligents qui nous recevaient.

M. de Mello aux savants de l'Europe.

M. Jablochkoff boit à l'hospitalité française ; et, dans un télégramme, M. Belelubsky boit à la paix générale permanente.

M. Eiffel, notre président, a eu, en même temps, le plaisir de remettre, au nom de la Société, aux Ingénieurs espagnols qui nous avaient si bien reçus, l'année dernière, à Barcelone et à Bilbao, la médaille, frappée pour chacun d'eux, commémorative de notre excursion en Espagne.

A quatre heures, le train spécial que la Compagnie P.-L.-M. avait bien voulu, cette fois encore, mettre gracieusement à notre disposition, nous ramenait tous à Paris, sous la conduite de M. Luuyt, Ingénieur de l'Exploitation, que M. Picard, empêché, avait spécialement chargé de cette mission.

Le programme qui avait été tracé s'est trouvé ainsi entièrement rempli ; mais nous avons eu le plaisir de recevoir d'une façon peut-être plus intime, le lundi 23 septembre, à cinq heures, à l'hôtel de la Société, les Ingénieurs russes encore à Paris, qui, au nombre de plus de cinquante, nous avaient manifesté le désir de se trouver de nouveau avec nous.

Dans cette réunion des plus cordiales, des paroles de franche amitié ont été échangées, et ces Ingénieurs nous ont offert un des riches produits de l'industrie moscovite, comme témoignage durable des sentiments de bonne confraternité et de profonde sympathie qui unissent l'Ingénieur russe et l'Ingénieur français, et qui viennent d'être resserrés dans les journées passées ensemble. *(Applaudissements prolongés.)*

M. E. Polonceau a la parole pour rendre compte de la réception des membres de l'Iron and Steel Institute.

La semaine dernière, dit M. Polonceau, notre Société a reçu les Membres de l'Iron and Steel Institute d'Angleterre, ayant à leur tête sir James Robert Kitson, leur Président.

Ces Messieurs sont arrivés au nombre d'environ 350.

Le mardi, 24 septembre, ils se sont réunis en un Meeting général, à l'hôtel de la Société d'Encouragement, où M. Eiffel, Président de notre Société, leur a adressé des paroles de bienvenue. Puis, M. Haton de la Goupillière, Président de la Société d'Encouragement, et sir James Kitson ont successivement pris la parole.

Après les discours de bienvenue, le Meeting a commencé, et on a procédé à la lecture et à la discussion des mémoires préparés dans ce but.

L'après-midi, nous nous trouvions réunis de nouveau, à deux heures, au salon de la Société, à l'Exposition, — et M. Polonceau, votre Vice-

Président, recevait ces Messieurs et procédait à la formation des groupes qui devaient visiter successivement l'Exposition, sous la conduite d'un certain nombre de Membres de notre Société.

Le soir, nous nous retrouvions à l'hôtel, où avait lieu, comme précédemment, une réunion amicale, à laquelle les attractions scientifiques, intéressantes et amusantes n'ont pas plus fait défaut que dans les occasions précédentes.

La matinée du mercredi 25 était consacrée encore à la lecture et à la discussion des mémoires, et l'après-midi, aux visites diverses de l'Exposition.

Le soir, un banquet offert aux membres de notre Société et à divers maitres de forges et ingénieurs, par l'Iron and Steel Institute, a eu lieu dans les salons de l'Hôtel Continental.

A la fin de ce banquet, des toasts ont été portés à S. M. la Reine d'Angleterre, au Prince de Galles et à la famille royale, à M. Carnot, Président de la République Française, et à la Société des Ingénieurs civils et à son Président, par sir James Kitson, Président de l'Iron and Steel Institute.

A ce toast a répondu M. Eiffel, Président de notre Société, par un toast porté à l'Iron and Steel Institute, dans la personne de son Président, sir James Kitson.

D'autres toasts ont été portés :

Par sir Lowthian Bell, au nom de l'Institute, à ses hôtes du Creusot, de la Loire, de Longwy, du Nord, du Pas-de-Calais, dans la personne de M. Martelet.

M. Jambille a reçu ce toast et remercie ;

Par sir Frederic Abel, aux invités du banquet de l'Iron and Steel Institute, dans la personne de M. E. Polonceau, l'un de nos Vice-Présidents, qui a répondu en remerciant;

Par sir James Kitson, à M. Henry Chapman, Secrétaire honoraire local, pour les réunions et réceptions de Paris.

M. Henry Chapman également remercie.

Le jeudi, 26 septembre, a eu lieu l'ascension de la Tour, ainsi que le déjeuner traditionnel, au premier étage, dans le restaurant Brébant.

M. Eiffel, le premier, a pris la parole; puis, sir James Kitson, Président de l'Iron and Steel Institute, lui a répondu.

M. de Garay, ingénieur mexicain, a fait l'éloge des constructions métalliques du siècle dont la Tour Eiffel est la plus éclatante manifestation.

Le soir même, avait lieu le départ des différents groupes formés en vue des excursions qui devaient avoir lieu : au Creusot, dans la Loire, à Longwy et la région du Luxembourg, à Maubeuge et à Isbergues. *(Applaudissements.)*

M. S. Périssé a la parole pour rendre compte de l'excursion au Creusot.

VISITE DES INGÉNIEURS ANGLAIS AU CREUSOT

Un grand nombre d'Ingénieurs anglais s'étaient fait inscrire pour se rendre au Creusot, où la *Grande Médaille Bessemer* devait être remise à M. Henri Schneider; mais soixante-dix seulement, à la tête desquels se

trouvait sir Lowthian Bell, ancien président de l'Institute, assisté de M. Jeans, secrétaire général, se sont trouvés à la gare de Lyon, le jeudi soir, 26 septembre, pour prendre place dans le train spécial que la Compagnie P.-L.-M. avait mis gracieusement à notre disposition, sous la conduite de M. Luuyt, Ingénieur de l'Exploitation, délégué comme précédemment par la Compagnie.

M. Whaley, notre collègue, avait bien voulu faire les honneurs pendant le voyage et servir d'interprète.

Le train est arrivé vendredi matin en gare du Creusot, où M. Rubin, Ingénieur à l'administration centrale; M. Simon, Ingénieur à la direction, et votre Vice-Président, M. S. Périssé, ont souhaité la bienvenue aux voyageurs.

A huit heures et demie, tout le monde s'est trouvé réuni dans la cour de la grande forge, où M. Schneider, accompagné de son fils et de M. Barba, Ingénieur en chef, nous a accueillis avec sa cordialité habituelle et s'est mis de suite à notre tête, pour guider notre visite.

En entrant sous la halle de la grande forge, chacun a été frappé de ses dimensions vraiment extraordinaires, et, successivement, nous avons assisté au travail des petits, des moyens et des gros trains, d'où nous avons vu sortir des barres de plus de 20 *m* de longueur.

M. Cornesse, chef du service des forges, nous a donné tous les renseignements demandés.

Une visite à la halle de puddlage nous a démontré que les engins mécaniques pouvaient remplacer avantageusement le travail si pénible du brassage de la fonte. Les fours doubles, munis de ringards Lemut, permettent de faire 10 charges de 500 *kg* par poste, et un assez grand nombre de ces fours étaient en activité, malgré l'emploi de plus en plus important du métal fondu.

Rentrant ensuite dans la forge, nous avons admiré le gros train réversible pour grosses tôles, avec cylindres de 1 *m*, qui a laminé sous nos yeux un bloom de 9 à 10 *t*, converti bientôt en une plaque de blindage. En passant, nous remarquons les laminoirs à tôles, et nous tous, Anglais et Français, nous avons admiré leurs produits, dont la réputation n'est plus à faire.

Après un coup d'œil rapide jeté sur le magasin si bien ordonné des fers et des tôles, nous nous sommes rendus à l'atelier du gros marteau-pilon de 100 *t* et, de suite, nous avons vu sortir du four un énorme lingot carré que le pilon a étiré pour en faire un canon ou un gros arbre de marine. En sentant le sol trembler sous nos pieds, malgré l'existence d'une chabotte de 7 à 800 *t*, nous avons eu la pensée qu'il sera bien difficile de remplacer par une pression le choc d'une telle masse frappante pour le forgeage des gros lingots d'acier. Cependant, nous avons admiré une presse de 6 000 *t* qui était occupée à calibrer une plaque de blindage.

Sous la même halle de forgeage, des pilons depuis 8 jusqu'à 40 *t* forgeaient des canons et des frettes, et de puissantes machines-outils taillaient et ajustaient des plaques de blindage et de grosses pièces d'affût en acier coulé. Enfin, nous avons assisté aux différentes opérations de la fabrication des bandages.

A dix heures trois quarts, un train spécial nous a conduits à l'atelier

d'artillerie, de construction toute récente, dirigé par M. Audebert, où sont installées un très grand nombre de belles machines-outils. De là, le train nous a menés jusqu'au polygone, où devant nous a été tirée une pièce de 0,24 *m*, montée sur son affût et destinée à la défense des côtes de la Chine. Nous avons été frappés de la simplicité avec laquelle le pointage a été effectué et de la facilité avec laquelle la pièce s'est remise en batterie sous l'action de son frein hydraulique. Nous savons que ce canon et son affût ont été étudiés au Creusot et ont donné aux épreuves balistiques officielles des résultats exceptionnels.

Il était près de midi, et après une matinée si bien remplie, nous nous dirigeons vers la salle de concert, où M. Schneider nous avait fait préparer un déjeuner, pendant lequel l'Harmonie de l'usine s'est fait chaleureusement applaudir. La table comprenait environ cent couverts, parce que M. Schneider avait eu l'aimable attention d'y convier tout le haut personnel de l'usine : M. Barba, Ingénieur en chef; M. Charbonnier, Secrétaire général; M. Love, Chef de la correspondance; MM. Rubin et Simon; M. Pradel, Directeur du chantier de construction de Chalon-sur-Saône, et tous les chefs de service de l'usine.

Au dessert, M. Schneider s'est levé et a porté d'abord la santé de la reine Victoria, « la gracieuse souveraine constitutionnelle de l'Empire britannique », et de M. Carnot, président de la République française, qui, avant d'avoir été élevé à la première magistrature du pays, était un éminent Ingénieur. Inutile de décrire l'enthousiasme avec lequel ces deux toasts ont été accueillis.

M. Lowthian Bell a prononcé en anglais un discours bien fréquemment interrompu par des applaudissements. Il a fait l'éloge de M. Henri Schneider, en rappelant l'exemple et les travaux de son père, et au nom de l'Iron and Steel Institute, il lui a remis la médaille d'or annuelle que M. Bessemer a instituée.

M. Henri Schneider a répondu pour remercier l'Institut du Fer et de l'Acier de l'avoir honoré, lui « simple praticien », d'une distinction qui n'a jusqu'ici passé le détroit que pour être donnée à deux éminents professeurs métallurgistes de l'Autriche et de la Suède, et il a attribué à ses collaborateurs la plus grande part du succès.

J'ai eu le devoir de me lever à mon tour pour remercier M. Schneider de sa magnifique réception, et j'ai porté la santé des Ingénieurs du Creusot, la première usine de France.

M. Barba, en termes éloquents, a remercié votre Vice-Président au nom de tout le personnel, et il s'est félicité de ce que la Société des Ingénieurs civils avait amené au Creusot les métallurgistes anglais.

A deux heures, nous retournons à l'usine, en descendant par le grand escalier, et après avoir jeté un coup d'œil sur les hauts fourneaux, au service desquels appartient M. de Rougemont, nous visitons les immenses ateliers de construction, dont les produits irréprochables sont depuis si longtemps connus. M. Toussaint, Chef de service, nous a guidés dans notre visite, et nous a montré en détail l'atelier d'ajustage des locomotives, les fonderies, où nous avons vu le moulage d'une hélice de l'*Alger*, ainsi que celui d'un voussoir des tourelles cuirassées belges; l'atelier de forage des canons, des arbres porte-hélices et même des arbres coudés

de moyen et gros diamètre. Dans l'atelier de montage, la machine de 12 000 chevaux du *Magenta* et celle de 8 000 chevaux de l'*Alger*, et une machine Corliss de 500 chevaux pour la Manufacture d'armes de Châtellerault, avec volant de 9 *m*, ont attiré notre attention.

Nous visitons ensuite l'atelier de chaudronnerie où nous voyons l'emboutissage à la presse d'une grosse plaque de chaudière marine. Dans un atelier de précision, exclusivement réservé à l'outillage, nous avons été frappés de l'ordre et du soin apportés à la fabrication et au réglage des appareils de mesure et de contrôle.

L'heure avançait, et nous n'avions pas encore vu les aciéries, aussi n'avons-nous fait que jeter un coup d'œil sur les archives et sur le laboratoire de travaux chimiques dirigé par M. Werth.

Dans la halle des aciéries dirigées par M. Bouvart, chef de service, et M. Coureau, sous-chef, nous avons assisté à une opération Bessemer avec fonte phosphoreuse, et nous avançant vers la batterie des fours Martin-Siemens, nous traversons l'atelier de fonderie d'acier où étaient en cours de moulage : un gros corps d'affût pour canon de 32, un grand couvercle de cylindre et un étambot pour un garde-côtes japonais. Quatre fours Martin étaient prêts à couler ; la charge, 18 tonnes, de trois d'entre eux a été successivement employée à la coulée d'un lingot de plus de 50 *t*. Les trois poches amenées par chemin de fer au-dessus de la lingotière, ont été successivement coulées par M. Lowthian Bell, M. H. Schneider, et par votre Vice-Président, M. Périssé.

Avant de quitter l'aciérie, nous avons vu travailler les fours rotatifs pour la fabrication du fer supérieur, d'après un dispositif Danks perfectionné par M. Bouvart.

En nous rendant au bureau de la Direction où des rafraichissements étaient préparés, nous avons reçu de M. Raymond, chef du service des mines, des renseignements sur les gisements de charbon anthraciteux très pur que l'on mélange presque par moitié avec des houilles de Saint-Étienne pour la fabrication du coke.

Après avoir pris congé de M. Schneider et l'avoir remercié encore de sa magnifique réception, le même train spécial, avec voitures de luxe, qui nous avait amenés, nous a conduits à Dijon à sept heures et demie, où M. Eugène Schneider, accompagné de MM. Pradel, Rubin et Simon, avait fait préparer à dîner au buffet de la gare.

Une série de toasts, dont quelques-uns fort humoristiques, nous ont agréablement fait attendre l'heure du départ du train. M. Eugène Schneider, qui nous présidait, a pris la parole en anglais avec une facilité et un entrain qui lui ont valu à plusieurs reprises les applaudissements de ses hôtes. Il venait d'apprendre qu'il était nommé membre de l'Iron and Steel Institute. Après lui, MM. Withwell, Riley, Kitson fils, notre collègue M. Whaley, M. Jeans, un Ingénieur des États-Unis, M. Pradel et M. Simon ont pris successivement la parole. Quant à moi, j'ai tenu à remercier la Compagnie P.-L.-M. du concours gracieux et bienveillant qu'elle nous avait prêté pour faire honneur à nos hôtes, et à six heures du matin, le samedi 28, le train nous ramenait à Paris. *(Applaudissements.)*

M. Ch. Herscher jeune a la parole, pour rendre compte de l'excursion dans la Loire.

EXCURSION DANS LA LOIRE

Jeudi 26 septembre, à 8 heures du soir, a eu lieu le départ pour l'excursion dans la Loire.

M. Noblemaire, Directeur général de la Compagnie P.-L.-M., avait très gracieusement mis à notre disposition un train spécial, et M. Picard, Ingénieur en chef, avait poussé la complaisance jusqu'à déléguer un de ses Ingénieurs, M. Morisse, grâce aux bons soins duquel le voyage s'est opéré d'une façon charmante.

Notre Président, M. Eiffel, MM. Herscher (Charles), M. de Dax, Herscher jeune (Charles), accompagnaient une quarantaine d'Ingénieurs anglais, parmi lesquels le Président, sir J. Kitson; le Colonel Dyer, de la Société Armstrong.

Nous sommes arrivés à Saint-Étienne, où nous attendaient :

MM. F. Reymond, sénateur de la Loire, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils; de Montgolfier, Président de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, Directeur général des Forges et Aciéries de la Marine, à Saint-Chamond ; Thiollier, Secrétaire général de la Chambre de commerce; Cholat, Directeur des Aciéries de Saint-Étienne.

A 9 heures du matin, des voitures sont venues nous prendre et nous ont conduits aux Aciéries de Saint-Étienne.

Le Directeur, M. Cholat, entouré des principaux chefs de service, a fait parcourir ses ateliers, où nous avons pu assister à la fabrication et au forage des tubes pour canons en acier, ainsi qu'au fonctionnement d'un marteau-pilon de 50 *t*, dont on se propose d'augmenter le poids de la masse frappante. Nous avons également vu la fabrication des obus de rupture en acier forgé, le laminage des plaques de blindage, la fabrication très rapide des bandages de roue, grâce à un outillage très perfectionné, et le trempage des canons.

De là, remontant en voiture, nous nous sommes rendus dans l'un des restaurants de la ville, où un déjeuner nous était offert par les Compagnies des Aciéries de Saint-Étienne, Firminy et Unieux.

Un tramway spécial nous attendait, pour nous conduire aux Aciéries d'Unieux. Au bout de la ligne, des voitures nous conduisent aux usines, où MM. Holtzer, Directeur; Ménard-Dorian, Administrateur; Brustlein, Ingénieur en chef, et Duthu, Directeur de Hauts Fourneaux au bois de Ria, nous reçoivent et nous guident à travers les différents ateliers de fonte au creuset en pleine activité, aux ateliers de moulage et de fabrication de creusets; nous passons ensuite aux fours à puddler, aux marteaux-pilons, et nous assistons à différentes opérations pour la fabrication des aciers chromés, dont les marques sont aujourd'hui si connues en France et à l'étranger.

Après la visite de ces très intéressantes usines, les voitures nous conduisent aux Aciéries de Firminy, dont MM. Douvreleur, Président du Conseil d'administration, et Chalmeton, Directeur, nous font visiter toute l'installation. Ce sont d'abord la fonte au creuset; plus loin, la

coulée, dans des lingotières, d'acier fondu dans des fours Martin-Siemens. Ils nous font ensuite visiter les pilons et les forges, ainsi que les gros laminoirs pour les plaques de blindage. Nous passons après à la fabrication des bandages de roue et des tubes à torpille forgés sur mandrins, puis aux hauts fourneaux installés dans l'usine même, et nous reprenons le tramway spécial pour retourner à Saint-Étienne, non sans avoir pris part à une collation offerte dans l'un des ateliers, où se trouve une énorme pièce d'affût dont le traçage est préparé avant l'expédition aux manufactures de l'État.

La population se presse sur notre passage, pour voir nos hôtes étrangers et aussi notre Président.

De retour à Saint-Étienne, nous nous rendons au Palais des Arts, brillamment illuminé, où a lieu un grand banquet offert par la Chambre de commerce.

L'escalier donnant accès aux salles de réception est orné de plantes rares. La musique du 38e régiment d'infanterie, qui, pendant toute la durée du banquet a joué les meilleurs morceaux de son répertoire, est massée à l'entrée du Musée, et dès que les présidents anglais et français paraissent, elle exécute le *Rule Britannia*, puis le *Gode save the Queen*, suivi peu après de *la Marseillaise*.

MM. Galtié, préfet de la Loire; de Montgolfier, président de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, le Maire de Saint-Étienne, et de nombreuses notabilités nous reçoivent et nous font passer dans la grande salle du Musée, où est servi le dîner, et où un magnifique éclairage électrique, faisant ressortir la beauté des tableaux qui nous entouraient, avait été installé tout exprès.

Au dessert. M. le Préfet se lève et dit qu'il remercie la Chambre de commerce de Saint-Étienne de lui avoir donné la présidence dans une pareille circonstance; il remercie les Ingénieurs anglais d'être venus dans le bassin de la Loire et porte un toast aux Ingénieurs de tous les pays et, en particulier, à l'Institut du Fer et de l'Acier.

Sir J. Kitson, dans un speech très spirituel, exprime les remerciements de l'Iron and Steel Institute et porte un toast à M. Carnot, en sa double qualité de chef de l'État et d'Ingénieur.

M. de Montgolfier fait un historique de la grande part qui a été prise par les Ingénieurs du bassin de la Loire à l'établissement des chemins de fer. Il associe très heureusement les noms de Stephenson et de Seguin, il rappelle les travaux de Petin-Gaudet, de Jacob Holtzer, et porte un toast à S. M. la Reine d'Angleterre.

M. Reymond, sénateur de la Loire, rappelant que c'est la Société des Ingénieurs civils qui a organisé l'excursion et qui a donné une preuve de sa sympathie pour les victimes de l'accident du puits de Verpilleux, lève son verre à la Société des Ingénieurs civils et à son Président.

M. Eiffel exprime les remerciements de la Société, pour le magnifique accueil fait à ses hôtes, et porte un toast aux ouvriers du bassin de la Loire et à la prospérité de son industrie.

M. Girodet, maire de Saint-Étienne, termine la série des toasts en buvant à la fraternité des peuples.

Le lendemain matin, de bonne heure, le train spécial qui nous avait

amenés nous conduit à Saint-Chamond, où nous visitons les usines de la Compagnie des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine, dont le Directeur général, M. de Montgolfier, et M. Dupuis nous font parcourir les remarquables installations. Nous voyons d'abord les ateliers de grosse forge, où nous assistons à la manœuvre du pilon de 100 *t*, forgeant un lingot de 25 *t* pour pièces de canon et actionné par des grues de 150 *t*. Ce marteau et celui du Creusot de même poids sont les engins les plus puissants de l'outillage actuel.

Nous passons ensuite dans l'atelier de trempe muni d'un four vertical de 21 *m*. de haut, installé dans une fosse rectangulaire de même profondeur à l'extrémité de laquelle se trouve la bâche à tremper de 22 *m*, ce qui porte à plus de 40 *m* la profondeur de cette installation unique. La manœuvre est faite par un pont roulant à vapeur de 50 *t*.

Nous voyons ensuite les ateliers de tournage, de rabotage. et le grand atelier de forage desservi par deux ponts roulants puissants et où sont forés les canons et les obus.

Nous nous dirigeons alors vers les ateliers de laminage des plaques de blindage en acier et mixtes où nous voyons les presses à gabarier les dites plaques. De là, nous allons aux fonderies d'acier où nous assistons à la coulée de deux fours Martin réunie dans une seule lingotière de 20 *t*.

Après la visite de ces usines, un déjeuner nous est offert par M. de Montgolfier; puis, après une série de toasts, nous nous rendons à Rive-de-Gier où nous devons visiter les usines de MM. Marrel frères.

En arrivant à Rive-de-Gier, le canon tonne, et une ovation des plus enthousiastes nous est faite par toute la population.

MM. Marrel frères nous conduisent à leur usine des Étaings, près Rive-de-Gier et nous font voir successivement l'atelier de laminage et de gabariage des blindages, l'atelier de fabrication des obus en acier, la fonderie au creuset et l'atelier d'usinage des gros canons. Nous assistons au martelage d'un lingot de 55 *t* avec un marteau-pilon de 50 *t* qui sera bientôt remplacé par un marteau de 100 *t*, en construction. Tous nous avons admiré la cheminée monumentale de 105 *m* de hauteur dont le travail de redressement par sciages successifs est encore présent à nos mémoires.

Une collation nous est offerte, et MM. Kitson et Eiffel boivent au Département de la Loire et à ses éminents industriels.

M. Charles Marrel remercie en portant la santé des deux Présidents.

De là on se rend, les uns chez MM. Deflassieux, les autres chez MM. Arbel frères, où ils assistent à la fabrication des roues en fer forgé, dont les pièces sont étampées à chaud.

Mais l'heure du retour approche, et nous nous rendons à la gare, où nous attend le train spécial qui doit nous ramener à Lyon et de là à Paris.

Après les plus vifs remerciements, chacun prend sa place et nous partons. La population, massée aux abords de la gare, acclame M. Eiffel, pendant que les Ingénieurs anglais poussent trois vigoureux « cheers ».

A Lyon, la Société des Ingénieurs civils offre à ses hôtes un dîner au buffet de la gare. Sir J. Kitson remercie la Société des Ingénieurs civils et l'invite à venir en Angleterre. Auparavant, M. Eiffel avait porté la

santé de tous les Ingénieurs présents, et leur avait souhaité une bonne fin de voyage.

Le lendemain matin, 28 septembre, à la gare de Paris, on se séparait en se disant : Au revoir ! et non : adieu ! *(Applaudissements.)*

M. E. Penelle a la parole pour rendre compte de l'excursion à Longwy et dans le Luxembourg.

Excursion a Longwy et dans le Luxembourg.

Les membres de l'Iron and Steel Institute se sont réunis jeudi soir, 26 septembre, à la gare de l'Est, à 8 h. 45.

Le lendemain, à 5 heures du matin, nous arrivons à Longuyon, où M. Gaston Aubé, Directeur-gérant du Comptoir, et M. Bidoux, Ingénieur, sont venus saluer les Ingénieurs anglais. A 6 heures, nous sommes à Longwy. Une heure après, nous remontons dans le train spécial que le Comptoir avait eu l'amabilité d'organiser, pour conduire toute la journée, d'usines en usines, le groupe d'excursionnistes. Une grande partie des membres du Comptoir, les Maitres de forges et les Ingénieurs nous ont fait l'honneur de nous accompagner durant tout le voyage. Le train s'est d'abord arrêté à Saulnes et les membres de l'Iron and Steel Institute ont été reçus à la gare par M. Gustave Raty, Maitre de forges, et MM. Marc et Fernand Raty, Ingénieurs, qui ont fait visiter les hauts fourneaux et leur usine.

Le train spécial s'arrête ensuite à Hussigny. M. Mahaux, Directeur-gérant de la Société Lorraine Industrielle nous fait visiter les usines et les hauts fourneaux, pendant qu'un deuxième groupe sous la conduite de M. Caron, Directeur des Minières de la Côte-Rouge, visitait ce gîte, d'une puissance de 15 *m.*

A 10 heures et demie nous arrivons à Villerupt dont les usines sont ornées de drapeaux.

Sous la conduite de M. le comte de Retz, Directeur, on visite les belles usines de la Compagnie Châtillon-Commentry, alimentées par les minerais argilo-calcaires de la Côte-Rouge. On visite ensuite, sous la direction de M. le chevalier Van der Maesen, Directeur-gérant de la Société des mines de Meurthe-et-Moselle et des usines de Villerupt, les hauts fourneaux de la Société.

MM. Ferry et Curicque, Maitres de forges, font parcourir les intéressantes exploitations souterraines de la Côte-Rouge et les usines comprenant hauts fourneaux et fonderie de deuxième fusion.

A midi, les membres de l'Iron and Steel, et tous les Maitres de forges et Ingénieurs qui nous avaient déjà accompagnés ou qui devaient nous accompagner dans les visites de l'après-midi, se sont réunis à Micheville, où l'on a servi un déjeuner offert par le Comptoir métallurgique de Longwy. La salle avait été décorée de verdure, de fleurs et de drapeaux ; au milieu s'élevait un trophée formé de minerai, de coke, etc. drapé aux couleurs anglaises ; derrière le Président avait été disposé un modèle très exact de la Tour de 300 *m.* Au moment de se mettre à table, la musique joue *le God save the Queen* et se fait entendre pendant tout le repas ; elle termine en faisant applaudir *la Marseillaise.*

M. le comte de Saintignon, Président, avait auprès de lui MM. Gilchrist, Ashbury, Riley et Halpin, membres de l'Iron and Steel Institute; au dessert il porte un toast à la Reine d'Angleterre, à Thomas et Gilchrist, inventeurs de la déphosphoration et à l'union des peuples français et anglais.

MM. Gilchrist et Thackray remercient les Français et les invitent à aller en Angleterre ; la date du 15 mai est acceptée.

M. Ferry boit aux Ingénieurs anglais, maitres de la science et du progrès dans l'industrie du fer et de l'acier.

M. Penelle, au nom de la Société des Ingénieurs civils, boit au Comptoir métallurgique qu'il remercie et aux membres de l'Iron and Steel Institute.

M. Curicque boit à M. Jordan, absent.

A 2 heures nous remontons dans le train spécial, et à Longwy, sous la conduite de MM. les barons d'Huart et de M. Michel Helson, Directeurs, nous visitons les usines de Senelle, tandis qu'un deuxième groupe, visite, sous la direction de M. le comte de Saintignon, ses intéressants hauts fourneaux.

A 4 heures et demie, le train arrive à Mont-Saint-Martin. M. Dreux, Directeur, assisté de MM. Escalle, Demange et Sabas, Ingénieurs, fait visiter les hauts fourneaux, les convertisseurs et laminoirs des aciéries. Une exposition comprenant une série d'essais pratiques sur les tôles, cornières, etc., en métal Thomas, avait été organisée dans la grande halle des laminoirs ; on avait encore exposé deux diagrammes montrant la marche d'une opération Bessemer.

Après ces visites malheureusement trop courtes, nous nous réunissons à l'hôtel de Mont-Saint-Martin, appartenant au Comptoir métallurgique. Dans la grande salle étincelante de lumières, ornée de fleurs et d'écussons portant les noms des grands métallurgistes, au nombre desquels nous avons été heureux de trouver les noms de MM. Jordan et Gilchrist à côté de ceux de Thomas et de Bessemer, a eu lieu un magnifique dîner préparé par les soins du Comptoir métallurgique. Durant le dîner, la musique de Mont-Saint-Martin s'est fait entendre.

Au dessert, M. le comte de Saintignon, président, boit aux Anglais, devenus nos amis.

MM. Riley, Gilchrist et Cowentry nous remercient de l'aimable accueil fait aux Anglais et nous invitent de nouveau à aller en Angleterre.

M. Ferry boit à Gilchrist et à Thomas qui, par leur procédé, ont fait la fortune des usines de Longwy. M. Lacanne boit à la France et à l'Angleterre.

Parmi les autres personnes qui nous ont accompagnés dans nos visites, nous citerons MM. le comte de Lespinasse, Helson, Tresson, du Clos, Lambert, Evrard, Coingt, Mauchant, Camille Curicque, Harter, Naham, Friley et Reuter.

Samedi 28, accompagnés de MM. le comte de Retz, le comte de Lespinats, Escalle, Demange et F. Raty, nous franchissons la frontière et nous arrivons à Esch, où MM. Émile, Léon et Gustave Metz et M. Muller nous reçoivent à la gare et nous conduisent visiter les quatre hauts fourneaux d'Esch. A 9 heures 55, un train spécial, gracieusement organisé

par MM. Metz, vient nous prendre dans l'usine et nous conduit à Dudelange.

M. Mayer, directeur, après un lunch très bien servi, nous fait visiter les usines qui reçoivent d'un côté le minerai et qui livrent de l'autre le métal prêt à être employé. Nous voyons successivement les hauts fourneaux, les cornues Bessemer, les laminoirs et les laboratoires. Après cette intéressante visite, nous regagnons le train spécial qui s'arrête au pied même du beau château de M. Metz, où Mme Metz nous reçoit avec la meilleure grâce et nous fait les honneurs de sa demeure princière.

Pendant le déjeuner qui nous a été offert, M. Metz porte un toast aux Ingénieurs anglais. MM. Gilchrist et Thackray remercient au nom des Anglais et M. le comte de Lespinasse, au nom des Français, de cette belle réception.

L'heure du départ ayant sonné, nous prenons congé de notre aimable hôtesse, MM. Metz et Muller ayant tenu à nous accompagner à Luxembourg où chacun prend une direction différente, emportant le meilleur souvenir du magnifique accueil qui nous a été fait.

EXCURSION DANS LES USINES DE LA RÉGION DE MAUBEUGE

Les membres de l'Iron and Steel Institute ont été reçus à Maubeuge par le Comité des Forges du Nord. M. Martelet, administrateur-gérant de la Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin, Président du Comité, empêché, avait délégué M. Jambille, directeur-gérant de la Société anonyme des hauts fourneaux de Maubeuge, pour recevoir, en son nom, les excursionnistes anglais.

Les membres de l'Iron and Steel Institute ont été, en outre, reçus par :

M. F. Dumont fils, représentant la Société des Forges de Gustave Dumont et Cie;

M. Dufer, directeur de la Société anonyme de la fabrique de fer de Maubeuge;

MM. Victor Dumont, administrateur délégué de la Société des laminoirs et usines de l'Espérance, Armand Dumont, agent de la Société, à Paris ;

MM. Jambille, directeur gérant de la Société des hauts fourneaux de Maubeuge; Spallart, secrétaire général; Vopel, directeur des Fonderies et Ateliers; Edmond Vopel, ingénieur des hauts fourneaux; Blangille, ingénieur des laminoirs;

MM. Jaumain, directeur des usines d'Hautmont; Fréson, ingénieur des aciéries, représentant la Société anonyme des laminoirs, hauts fourneaux, fonderies, usines et aciéries de la Providence.

MM. Armand Sépulchre, directeur des hauts fourneaux d'Aulnoye, Morel Sépulchre, directeur des laminoirs du Tilleul, à St-Marcel ; Félix Sépulchre, ingénieur de la Société Vezin-Aulnaye; Rémy Sépulchre, ingénieur des laminoirs du Tilleul, à Maubeuge ; Rigo Sépulchre, ingénieur des laminoirs de Saint-Marcel, à Hautmont.

M. Alexandre Sépulchre, directeur général de la Société Vezin-Aul-

noye, obligé de s'absenter, s'est fait excuser auprès des membres de l'Iron and Steel Institute.

M. E. Lesaffre, administrateur délégué de la Société des établissements métallurgiques de Ferrière-la-Grande.

Les membres de l'Iron and Steel Institute ont d'abord visité l'usine Saint-Marcel, à Aulnoye, appartenant à la Société de Vezin-Aulnoye, où ils ont vu plus particulièrement les laminoirs.

Puis ils sont ensuite allés aux usines de la Providence, à Hautmont, comprenant hauts fourneaux, aciéries et laminoirs qui fabriquent les tôles marchandes et les fers profilés.

A onze heures et demie, les ingénieurs français et anglais se réunissaient à Sous-le-Bois. Un déjeuner, préparé par les soins du Comité, avait été servi dans le local de la fanfare du Tilleul.

Au dessert, M. Jambille porte un toast à l'Iron and Steel Institute et à son président; M. Bulter boit aux maîtres de forges du Nord ; M. Patchett, à l'industrie française et à la France. Enfin, M. Morel, au nom des membres français du Nord, porte un toast aux membres présents de l'Iron and Steel Institute et à leurs collègues.

Après le déjeuner, sous la conduite des ingénieurs français, nos invités visitent les intéressants hauts fourneaux, les laminoirs et les fonderies des usines de la Société des hauts fourneaux de Maubeuge ; puis l'usine du Tilleul appartenant à la Société de Vezin-Aulnoye, à Maubeuge, comprenant des laminoirs pour tôles marchandes et fers profilés.

Après cette journée si bien remplie par tant de visites intéressantes, les membres de l'Iron and Steel Institute ont pris congé de leurs hôtes et sont partis dans différentes directions.

Enfin une dernière excursion devait avoir lieu aux aciéries de France, à Isbergues, où M. Philippart attendait ses hôtes. Mais, par suite du très petit nombre des membres présents le jour du départ, la visite projetée n'a pu avoir lieu.

Après la lecture de ces comptes rendus, M. LE PRÉSIDENT prend la parole en ces termes :

Nous ne pouvons, Messieurs, que nous féliciter de la réussite complète de ces diverses visites et excursions qui laisseront, nous aimons à le croire, les meilleurs souvenirs à tous ceux de nos invités étrangers qui y ont participé.

Je dois mentionner aussi que, le 17 septembre, nous avions eu l'honneur de recevoir, au nom de votre Comité, M. Edison, dans un déjeuner sans cérémonie au premier étage de la Tour. Quarante convives seulement se trouvaient réunis. Après ce déjeuner, nous sommes montés au-dessus du troisième étage, et là, par un concours de circonstances des plus heureuses, M. Gounod est venu se joindre à nous et nous avons passé avec ces deux grands représentants de la science et des arts quelques heures dont nous conservons un vif souvenir.

Nous ne vous avons présenté ici, Messieurs, qu'un compte rendu très sommaire de ces différentes réceptions, dont le détail sera donné ultérieurement dans nos Bulletins. Mais, nous tenons à remercier ici, dès à présent, tous ceux des Membres de la Société qui ont bien voulu nous prêter leur concours, pour nous aider à recevoir dignement et de la façon

qui convenait à notre Société les représentants les plus autorisés du Génie civil des divers pays qui ont répondu à notre appel. Nous croyons qu'il y a là pour nous de sérieuses espérances pour l'avenir, et que les relations que nous avons ainsi pu soit développer, soit créer, ne feront que s'accroître, et permettront à notre Société et à tous ceux de ses Membres qui iront à l'étranger de trouver partout et toujours un accueil aussi cordial que celui que nous avons été heureux de faire à nos invités de tous les pays. *(Applaudissements.)*

Nous devons aussi des remerciements aux Compagnies de chemins de fer, et plus spécialement à la Compagnie de P.-L.-M., dont nous avons le plus souvent emprunté le réseau. Il est impossible de trouver plus de facilités de toute nature, plus d'obligeance et de courtoisie, et je suis heureux de lui exprimer en votre nom toute ma gratitude. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT ajoute que le nombre total des Ingénieurs étrangers qui ont pris part aux diverses réceptions a été de 1 877, comprenant :

450	Ingénieurs	américains,
700	—	anglais,
450	—	belges,
92	—	hollandais,
90	—	russes,
60	—	espagnols,
25	—	portugais,
7	—	brésiliens,
3	—	chiliens.

A ces nombres, si on ajoute les membres français de la Société, on atteint facilement le total de 2 400 personnes qui ont participé aux visites et réceptions. Malgré ce chiffre considérable, les dépenses sont restées notablement au-dessous de la somme prévue de 75 000 *f*, bien que la Société se soit efforcée de faire les choses aussi bien que possible.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'en somme nous ne pouvons que nous féliciter de la réussite complète de ces diverses réceptions qui laisseront le meilleur souvenir à nos hôtes étrangers.

Il signale également, — et ce serait, dit-il, une ingratitude de ne pas le faire, — les nombreux membres de la Société qui ont apporté leur concours direct aux réceptions et visites. Il ne peut les citer tous, mais il doit particulièrement remercier, à ce sujet : MM. Brüll, Lipmann, Godillot, Regnard, Canet, Herscher, Caen, Roux, Herscher jeune, Gotendorf, Driessens, Hervegh, Marillier, Brichaut, Yrazusta, Moreau frères, Desforges, Walhey, etc., etc. Grâce à ces Messieurs, nous devons nous montrer très satisfaits de la façon dont les choses se sont passées, et nos hôtes ont pu repartir enchantés de l'accueil qu'ils avaient reçu parmi nous. *(Très bien ! Très bien ! Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT associe, aux noms des membres cités précédemment, celui de M. de Dax, notre agent général, qui a fait preuve du plus grand dévouement, et s'est acquitté de ses délicates fonctions avec un zèle, une activité, une amabilité que tout le monde a appréciés et dont M. le Président le remercie au nom de la Société. *(Applaudissements.)*

M. CONTAMIN dit qu'il est convaincu d'être l'interprète des sentiments de la Société, en adressant à son tour, à notre cher Président, tous nos remerciements pour le zèle et le dévouement dont il a fait preuve à l'occasion des réceptions dont il vient d'être parlé. Il est certain que le grand prestige qui est attaché à son nom a puissamment contribué à l'éclat de ces réceptions et à la bonne renommée de la Société des Ingénieurs civils. Nous devons lui en exprimer toute notre reconnaissance. *(Bravo! Bravo! Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie la Société et dit qu'il est infiniment sensible à ce témoignage de sympathie. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT donne communication de la lettre suivante que M. le Président de la République lui a fait adresser par son chef du Secrétariat :

« Paris, 2 octobre 1889.

» Monsieur,

» M. le Président de la République a vivement regretté de s'être vu empêché hier de recevoir votre visite.

» Il me charge de vous dire qu'il aurait eu grand plaisir à vous féliciter de nouveau de votre grand et légitime succès, et il aurait voulu remercier, en la personne de son Président, la Société des Ingénieurs civils, qui a su faire si dignement, aux Ingénieurs étrangers venus à Paris cette année, les honneurs de l'Exposition et de l'œuvre industrielle de la France.

» Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

» *Le Chef du Secrétariat particulier,*
» Signé : Paul ARRIVIÈRE. »

(Bravo! applaudissements.)

M. LE PRÉSIDENT dit que nous ne pouvons que remercier M. le Président de la République de cette marque d'intérêt, à laquelle la Société est très sensible ; il répondra dans ce sens à M. le Président de la République.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'une circulaire a été adressée à tous nos Collègues, pour les prier de nous renseigner au sujet des récompenses qu'ils ont obtenues à l'Exposition. En raison des inexactitudes que renferme le palmarès officiel, ce renseignement est indispensable à l'établissement d'une liste exacte des Membres de la Société qui ont été récompensés. En attendant, M. LE PRÉSIDENT peut indiquer dès à présent les chiffres approximatifs suivants :

Membres de la Société hors concours.		70
—	Grands Prix	48
—	Médailles d'or.	164
—	— d'argent. . .	141
—	— de bronze . .	67
—	Mentions honorables. .	29
	Ensemble.	519 Membres

hors concours ou récompensés.

Ce résultat est très beau, si on le compare an nombre total des Membres de la Société, qui est d'environ 2 300; et encore nous n'y faisons figurer que les récompenses individuelles, et nous ne comptons pas celles attribuées à des Sociétés industrielles qui emploient un grand nombre de nos Collègues comme collaborateurs. On peut donc dire que les Membres de la Société des Ingénieurs civils ont joué un très grand rôle à l'Exposition, non seulement au point de vue de la construction et de l'installation, mais encore comme exposants.

M. S. Périssé ajoute que, parmi ces récompenses figure le *Grand Prix* décerné à la Société, et, à ce sujet, il rappelle les paroles qui lui ont été adressées par M. le Président de la République, auquel, en l'absence de M. Eiffel, il a fait les honneurs de notre exposition. Comme M. Périssé lui présentait les mémoires et comptes rendus ainsi que notre Annuaire sur lequel étaient pointés les noms de ceux qui avaient pris part à l'Exposition : « Je connais les travaux de la Société des Ingénieurs civils, répondit M. Carnot; quant à ceux de ses Membres, *ils remplissent l'Exposition.* » C'est un grand hommage rendu là à notre Société par M. le Président de la République. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que le Comité est heureux, comme témoignage de haute estime et de remerciement, de présenter à la Société les candidatures de MM. Alphand et Berger à titre de Membres honoraires.

Cette proposition rencontre l'adhésion unanime des Membres présents. Par suite et conformément au règlement, elle sera soumise à la ratification de la Société dans la séance du 8 novembre prochain.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 18 octobre 1889.

Présidence de M. G. Eiffel

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 octobre est adopté.

M. le Président s'excuse d'avoir omis les noms de MM. H. Chapman et H. Vaslin parmi ceux des membres de la Société qui nous ont apporté leur concours pour la réception des Ingénieurs étrangers. M. le Président ajoute qu'il croit être l'interprète de la Société en exprimant à ces messieurs tous nos remerciements pour l'amabilité et la courtoisie dont ils ont fait preuve à l'occasion de la réception de l'Iron and steel Institute. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu de M. le maire d'Alais et de M. F. Delmas, notre collègue, qui a collaboré au monument, une invitation pour les fêtes d'inauguration de la statue de J.-B. Dumas, à Alais, le 21 octobre courant. Cette lettre étant parvenue tardivement, c'est aujourd'hui seulement que, pour répondre à l'invitation dont il s'agit et en raison des liens qui unissent la Société à l'illustre fondateur de l'École Centrale, M. le Président a pu, suivant l'avis du Comité, télégraphier à notre collègue, M. de Place, à Alais, pour le charger de représenter la Société à cette solennité. *(Approbation.)*

La Société a reçu également une lettre de M. N. Raffard, faisant don des ouvrages qu'il a exposés au salon de la Société au Champ de Mars. M. le Président espère que cet exemple sera suivi par d'autres de nos collègues.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que MM. E. Polonceau, F. Valton et P. Regnard abandonnent à la Société les bons qu'ils ont souscrits à l'emprunt de 75 000 francs; il a remercié, en notre nom, ces généreux donateurs.

Il est donné lecture de la résolution suivante adoptée au meeting de l'*Iron and steel Institute*, tenu à Paris, le 25 septembre dernier, sous la présidence de sir James Kitson, Bart.

« L'Iron and steel Institute, réuni en meeting public envoie ses meilleurs remerciements au Président, au Comité et au Secrétariat de la » Société des Ingénieurs civils, pour la cordiale réception faite à l'institut à l'occasion de son meeting à Paris, et pour les heureuses dispositions qui ont été prises afin d'en assurer le succès. » *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. Cochrane une lettre par laquelle l'honorable Président de l'*Institution of mechanical Engineers* l'informe que le comité de cet institut l'a élu membre honoraire à vie. « Le comité a voulu ainsi faire connaître combien il était sensible à la » réception faite par la Société des Ingénieurs civils à l'*Institution of mechanical Engineers*, et rendre hommage, en même temps, à l'ingénieur » éminent dont le nom est attaché à des travaux connus du monde » entier. » *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il remercie beaucoup ces Messieurs de l'honneur qu'il lui font et qu'il considère comme s'adressant surtout au Président de la Société des Ingénieurs civils.

M. LE PRÉSIDENT donne communication de la réponse suivante qu'il a faite à la lettre de M. le Président de la République lue à la dernière séance :

« Paris, le 14 octobre 1889.

» A Monsieur le Président de la République française,

» Monsieur le Président,

» Vous avez bien voulu me faire adresser par votre secrétaire particulier, monsieur Arrivière, l'expression de votre satisfaction pour la manière dont la Société des Ingénieurs civils dont je suis Président a su recevoir les Ingénieurs étrangers venus à Paris cette année pour visiter l'Exposition et l'œuvre industrielle de la France.

» J'ai communiqué cette lettre à notre Société, et je suis chargé par elle de vous présenter nos respectueux et bien vifs remerciements pour l'honneur que vous lui avez ainsi fait. Nous en conserverons tous le souvenir comme d'un précieux témoignage plein d'encouragement pour nos efforts à soutenir le bon renom du génie civil français.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments de très haute considération.

» *Signé :* G. Eiffel. »

M. le Président rappelle la circulaire qui a été adressée aux membres de la Société pour les prier d'envoyer au secrétariat la liste des récompenses qu'ils ont obtenues à l'Exposition universelle. Cinq a six cents réponses sont déjà parvenues et M. le Président insiste pour que les retardaires envoient d'urgence les renseignements demandés qui doivent être insérés dans l'un de nos plus prochains Bulletins.

M. le Président rappelle également que c'est au 31 décembre prochain qu'est fixée la clôture du concours pour le prix Giffard, concours dont le sujet a été donné dans les séances des 3 février et 16 mars 1888.

L'ordre du jour appelle la communication de M. L. de Longraire sur la *raideur des cordages*.

M. L. de Longraire résume les notes qu'il a présentées sur la raideur des cordages.

Coulomb est le premier qui s'est occupé sérieusement en 1779 de cette question pour les cordes en chanvre : ses expériences doivent encore inspirer confiance, mais la formule qu'il en a déduite contient un exposant fractionnaire qui n'est pas nécessaire : d'autres objections peuvent lui être opposées. Les expressions trinômes du général Morin pourraient être adoptées si elles n'étaient trop compliquées, et s'il n'avait choisi pour variable le nombre de fils élémentaires dits fils de caret qui, changeant de grosseur suivant les corderies, ne peuvent servir à définir une corde.

D'autres expériences ont été faites par deux auteurs allemands : Eytelwein et Weisbach; on recommande encore l'usage de la formule du premier. Le docteur Grashof en a proposé une d'après les résultats du second. Des applications numériques de chacune de ces formules montrent que si les raideurs de Grashof sont représentées par 1, celles d'Eytelwein seront de 4 à 5. Les deux séries d'expériences s'excluent mutuellement.

Redtenbacher a proposé une formule simple pour exprimer les résultats de Coulomb, mais son exactitude laisse à désirer.

Pour les câbles métalliques, l'expression tirée par Redtenbacher de ses propres expériences et la formule du docteur Grashof d'après celles de Weisbach sont à écarter toutes deux.

M. Murgue, ingénieur des mines de Bessèges, a publié, en 1887, des expériences très sérieuses, mais sans en conclure de formule spéciale. Jusqu'alors les auteurs français s'étaient abstenus — et avec raison — de parler de la raideur de ces câbles.

Tel est l'historique fort abrégé de ce qui a été fait au sujet de la détermination de la raideur et des formules pour la calculer.

En ce qui concerne la théorie, Coulomb l'a basée pour les cordes en chanvre, sur un écartement de la corde à son entrée sur la poulie, et même sur son reploiement à la sortie : elle a été conservée jusqu'ici en France. Weisbach, Grashof et Herrmann en Allemagne ont adopté cette manière de voir en la poussant à ses dernières conséquences, et M. Herrmann a indiqué la valeur algébrique de l'écartement et du reploiement.

Les câbles métalliques, qui n'étaient pas connus du temps de Coulomb, donneraient lieu, d'après Weisbach, à deux écartements du câble, un de chaque côté de la poulie; et comme leur différence est un coefficient de l'expression de la raideur, celle-ci s'annulerait, ces deux écartements étant considérés comme sensiblement égaux, si un frottement entre les fils métalliques ne constituait pas un second terme lui laissant une certaine valeur.

Redtenbacher a proposé une théorie tout autre qui ne résiste pas à l'examen, même le plus superficiel.

Les Ingénieurs qui s'occupent d'installations de câbles, ceux qui seulement les ont examinées savent que ces écartements et reploiements, bases de la théorie admise, n'existent pas avec des diamètres de poulies suffisamment grands et des tensions un peu fortes; ils correspondent en effet à des cas tout à fait particuliers.

On arrive ainsi à conclure que les formules et les théories actuelles sont toutes à rejeter.

L'observation attentive des faits montre que les cordages de toute sorte, soumis à des incurvations pendant leur mouvement, subissent une altération dans leur résistance à la rupture, et de plus pour le chanvre une désorganisation spéciale des torons qui, à l'intérieur des cordes, peuvent être réduits en poussière : dans les câbles métalliques cette désorganisation est remplacée par l'usure et la déformation des fils et torons.

D'après la théorie de l'élasticité, certaines parties constitutives d'un cordage quelconque, pendant leur enroulement, sont soumises à une majoration d'efforts provenant de la tension d'incurvation : l'usure des fils métalliques et la désorganisation des torons en chanvre proviennent du frottement des parties en contact, dont l'une s'allonge et l'autre se raccourcit. En outre, la disposition héliçoïdale de l'ensemble des cordages introduit dans tous ces phénomènes une grande complication qui empêche de les exprimer analytiquement.

M. de Longraire en proposant cette explication ajoute qu'il sera heureux de recevoir communication des observations qu'elle pourrait suggérer après l'impression de son travail, afin que si ses raisonnements sont défectueux ou incomplets en certains points, ils soient rectifiés et que sous les auspices de notre Société, une théorie exacte vienne remplacer l'actuelle qui est certainement surannée.

M. de Longraire propose les trois formules suivantes où T représente la tension des cordes, p leur poids par m courant, D le diamètre de la poulie

chanvre $0{,}04\ T\ \frac{p}{D}$, fer $\left(2 + 0{,}003{,}2\ T\right)\frac{p}{D}$, acier $\left(3{,}50 + 0{,}003{,}2\ T\right)\frac{p}{D}$.

La première est tirée des expériences de Coulomb, les deux autres de M. Murgue. Le poids par *m* courant a été adopté parce que les Ingénieurs et les fabricants sont maintenant d'accord pour estimer qu'il définit une corde, bien mieux que son diamètre ou le nombre de ses fils de caret.

Ces trois formules correspondent à des cordages d'une certaine composition et ne sauraient être appliquées à ceux d'une composition différente.

M. de Longraire est ainsi amené à constater que pour cette question comme pour tant d'autres, il reste beaucoup de lacunes à combler ; il termine en faisant remarquer qu'à notre époque bien des caractères généreux aiment à se signaler en encourageant les choses utiles, et que rien ne serait plus profitable que de fonder des prix ou des subventions pour aider ou même susciter des expériences dont le besoin se fait sentir. Il aime à penser que cette réflexion trouvera un écho, et qu'un jour ou l'autre, au moyen de legs ou de dons, notre Société pourra enregistrer des résultats nouveaux provoqués ou encouragés par elle de la manière la plus efficace. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. de Longraire de sa communication. Cette question est très importante, et déjà M. Maurice Lévy, dans son étude sur le halage des bateaux, avait déclaré que la théorie sur la fatigue des cordages à l'enroulement était illusoire; M. V. Contamin n'était pas de cet avis.

M. de Longraire partage la manière de voir de M. Contamin; il a appliqué la formule de la tension d'incurvation à des câbles formés d'un grand nombre de fils, — comme ceux employés par M. E. Polonceau pour les grues du chemin de fer d'Orléans — et il a obtenu des résultats très concluants.

M. le Président ajoute que la question est très intéressante au point de vue pratique; il y a de telles divergences dans les coefficients adoptés pour la résistance des câbles qu'il serait utile d'être fixé une fois pour toutes à cet égard.

M. de Longraire dit qu'il a fait des recherches sur la résistance des cordages et qu'il se propose de traiter un jour cette question.

L'ordre du jour appelle la communication de M. H. Hersent sur un *Avant-projet d'un pont sur la Manche*, par MM. H. Schneider et H. Hersent.

Avant de vous parler du projet du pont sur la Manche, dit M. Hersent, je désirerais jeter un coup d'œil en arrière pour indiquer en quelques mots les progrès réalisés dans l'exécution des ponts métalliques.

Depuis la construction du pont d'Asnières décrit par l'un de nos anciens présidents, M. L. Molinos, qui fut le collaborateur de E. Flachat, ces progrès ont été très considérables et sont en grande partie l'œuvre de membres de notre Société.

Ils se sont rapidement accrus sous l'influence de méthodes de calculs, successivement meilleures et sous celle de l'amélioration continue des procédés de construction.

En ces derniers temps, un nouvel élément de progrès est venu en aide aux calculs et aux combinaisons des Ingénieurs pour l'établissement des

ponts à grande portée. Je veux parler de l'acier, qu'on est parvenu à fabriquer d'une résistance notablement supérieure à celle du fer et avec une régularité suffisante pour écarter toutes les inquiétudes sur son emploi.

A ce point de vue, la construction du pont du Forth, qui s'achève, et celle d'autres ouvrages importants exécutés ces dernières années justifient tout ce qui peut être tenté dans cet ordre d'idées.

Du côté des fondations, l'emploi de l'air comprimé et de caissons métalliques pour conduire les maçonneries à destination et les asseoir sur le sol résistant ne laisse presque aucune incertitude sur les résultats.

Sans sortir de mon sujet, permettez-moi de vous rappeler incidemment un souvenir *d'hier :* Lorsque j'avais l'honneur de présider vos travaux, nous eûmes la bonne fortune d'entendre les discussions intéressantes qu'avait soulevées le projet de MM. J. Bourdais et A. Sébillot, de construire, à l'occasion de l'Exposition actuelle, une immense tour de 300 mètres de hauteur, mi-partie métallique, mi-partie en maçonnerie et surmontée d'un phare électrique qui devait éclairer tout Paris.

Dans le but de faire disparaître les inconvénients signalés pour l'exécution de cet ouvrage gigantesque en maçonnerie, M. G. Eiffel, notre honorable président, proposa la construction d'une tour en métal, plus facile à exécuter dans le délai dont on disposait jusqu'à l'ouverture de l'Exposition, et ne demandant qu'une dépense relativement petite, susceptible d'être remboursée par l'exploitation. On discuta à nouveau, et, finalement, on donna la préférence à la construction métallique.

La tour a été faite, elle a été le plus grand attrait de l'Exposition, elle est payée et elle a démontré les résultats que peuvent produire l'initiative privée, appuyée sur la science et la sagesse.

L'étude que nous avons l'honneur de soumettre à votre appréciation est le résumé des progrès divers réalisés dans ces derniers temps.

Vous savez que la question n'est pas neuve et que de nombreux projets ont été élaborés sur ce thème. Nos Expositions antérieures en possédaient toutes quelques-uns, et j'ai moi-même eu l'occasion de m'entretenir avec certains de leurs auteurs sur la disposition des piles.

Les promoteurs nous ont sollicités à plusieurs reprises pour les études de ce grand ouvrage; mais tant que l'expérience n'a pas permis de regarder en face la possibilité d'asseoir les piliers et de construire des travées suffisamment grandes, nous avons considéré cette étude comme n'ayant pas de but pratique.

Actuellement, nous croyons que le moment est venu où l'examen de ce grand problème technique peut être fait avec intérêt, et nous ne doutons pas que la discussion ne permette d'améliorer encore les solutions que nous présentons et que nous croyons déjà satisfaisantes.

Nous proposons de diviser l'examen du projet en deux parties :

1° Celle relative aux fondations étudiées par M. H. Hersent;

2° Celle relative à la superstructure établie par MM. H. Schneider et Cie.

Nous laissons de côté les questions économiques et financières qui ne paraissent pas être autant du domaine de la Société et qui pourraient y venir plus tard.

Le tracé qui paraît devoir être préféré pour le pont part du cap Gris-Nez et atteint la côte anglaise, près de Folkestone. Il présente deux coudes, situés sur chacun des bancs du Colbart et du Varne. La distance totale à franchir est de 38 kilomètres environ.

Entre le Varne et la côte anglaise, la profondeur ne dépasse pas 24 *m;* mais entre le Colbart et le Cran-aux-Œufs, elle atteint 55 *m*. C'est en cet endroit qu'on éprouvera les plus grandes difficultés pour l'exécution des fondations.

Il résulte des études faites que le terrain est partout d'une solidité suffisante pour supporter l'ouvrage et qu'on peut le charger en toute sécurité de 10 à 12 kilogrammes par centimètre carré.

Les piles seront formées en plan d'un rectangle ayant 25 *m* de longueur, terminé par deux demi-circonférences. Elles seront constituées par un bloc de maçonnerie en bons matériaux agglutinés par du mortier de ciment de Portland, et posées sur le fond de la mer. Elles auront 650 mètres carrés de surface à leur partie supérieure. La surface à la base variera suivant la profondeur à atteindre.

Les maçonneries seront construites dans un caisson métallique surmonté de hausses, qui servira à les faire flotter jusqu'à la rencontre du terrain solide.

A la partie inférieure, sur une certaine hauteur, elles seront faites sur toute la surface du caisson et présenteront ensuite deux évidements importants, destinés à alléger la charge sur le sol.

Le caisson sera surmonté d'une coupole amovible, qu'on démontera dès que la partie des maçonneries à construire sous l'eau sera terminée.

Au-dessus de l'eau, les maçonneries seront faites avec parement en granit, et des dispositions spéciales seront prises pour attacher les piliers métalliques du pont à la maçonnerie. — Le caisson métallique de chaque pile sera composé de deux parties distinctes : la partie inférieure, divisée en compartiments de 50 à 60 m^2, aura 2 *m* de hauteur et sera ouverte par le bas et la partie supérieure, dont la paroi extérieure, enveloppant la maçonnerie du corps de la pile, formera une chambre unique ayant toute la surface du caisson.

Chacun des compartiments de la base sera muni d'une cheminée pour l'introduction du béton de remplissage.

Jusqu'aux profondeurs de 30 à 35 *m*, le nettoyage du fond et le remplissage des compartiments pourront se faire à l'aide d'air comprimé.

Pour les profondeurs supérieures à 35 *m*, on peut admettre que le dressement et le nettoyage du fond pourront être faits au moyen d'appareils spéciaux ne nécessitant pas l'emploi de l'air comprimé, — Le remplissage de chaque compartiment serait exécuté, dans ce cas, de l'intérieur des piles par des cheminées contenant les 120 m^3 de béton nécessaires pour cette opération. Nous croyons que ce procédé de coulage du béton par un tube continu est celui à préférer; le coulage par fraction donnerait probablement une assez grande quantité de laitance.

En remplissant séparément chacun des compartiments, on aura la certitude de la bonne exécution du travail, et pour le cas où l'un quelconque d'entre eux laisserait à désirer, l'ouvrage n'en serait pas compromis !

La partie des caissons au-dessus du plafond servira à contenir les maçonneries et à les protéger du contact immédiat de l'eau, en même temps qu'elle permettra d'exécuter la construction à sec, à mesure de l'enfoncement.

Les piles pour la profondeur de 55 *m* auront environ, au moment de toucher le sol, 120 000 *t* de charge ; sur ce point, il n'y a rien de bien nouveau, puisqu'à Toulon plus de 100 000 *t* de maçonneries ont flotté pendant plusieurs mois.

La quantité considérable de matériaux à mettre en œuvre nécessitera l'établissement d'un port dans l'endroit le plus voisin du pont sur chaque rive : — Du côté français, il est probable qu'on devra l'établir dans la baie d'Ambleteuse. — Sur la rive anglaise, Folkestone serait le centre des opérations.

La première partie des caissons, comprenant la chambre de travail et le poutrage sur le plafond sera construite dans un bassin fermé. Elle sera mise à l'eau, au moment d'une marée de vive eau, pour être amenée dans le port où la construction sera continuée et le lestage commencé.

Le transport des caissons dans les eaux plus profondes sera effectué par des remorqueurs, lorsque l'enfoncement aura atteint 10 à 12 *m*. Le caisson sera alors amené avec son lest en maçonnerie à la place qu'il devra occuper, puis posé à son emplacement définitif, en introduisant dans les chambres d'évidement laissées dans la maçonnerie un poids d'eau suffisant pour lui faire toucher le sol et déterminer son immobilité.

Il sera nécessaire de procéder par temps calme et au moment de l'état de basse mer en morte-eau de préférence, afin de fixer la construction en peu de temps et relever le pilier, si on reconnaissait que l'échouage n'est pas fait juste.

Pour ces opérations, on mouillerait à 200 ou 300 *m* de distance, de fortes ancres avec des chaines correspondant à autant de pontons disposés pour les supporter et les lever. Le caisson de la pile flottante serait attaché à ces pontons par des amarres suffisantes permettant de le tenir en place et de faire les opérations d'alignement et de distance.

Après la mise en place de chaque pile, il restera à élever les maçonneries du niveau de basse mer jusqu'à la base de la partie métallique, c'est-à-dire sur 20 *m* de hauteur. Ce travail sera fait mi-partie à l'abri de la coupole et mi-partie après qu'elle aura été enlevée.

L'ensemble des travaux devra être divisé en deux chantiers, un sur chaque rive et on peut admettre dix années pour le travail de fondation et de la superstructure. Il en résultera l'obligation pour chaque chantier de faire en dix années : 2 000 000 m^3 de maçonneries ou béton et 40 000 *t* de caissons ; soit, pour chaque année : 200 000 m^3 de maçonneries et 4 000 *t* de caissons.

A Boulogne et à Calais, l'état de la mer permet ordinairement de travailler 250 jours par an, ce qui nécessitera un travail journalier de 800 m^3 de maçonneries par jour. Il ne paraît pas possible de faire journellement, sur un caisson de pile, plus de 100 m^3 de maçonneries, il en résulterait que pour obtenir la quantité de travail nécessaire, il faudrait conduire huit caissons à la fois.

Enfin, pour terminer, nous devons ajouter que l'approvisionnement

de l'immense quantité de matériaux à utiliser ne paraît pas trop difficile à réaliser. Les carrières de calcaires de Marquise fourniront les pierres pour la maçonnerie brute et le béton. Le sable pour le mortier sera pris sur le littoral et le ciment aux usines de Boulogne. Le granit du couronnement des piles proviendra des carrières de Chausey, de Flamanville, etc.

(Applaudissements.)

M. Hersent dit qu'avant de céder la parole à M. Pradel pour la description de la partie métallique, il répondra aux questions qu'on voudrait bien lui poser.

M. A. Hauet fait observer, à ce sujet, qu'il vaudrait mieux renvoyer à la prochaine séance la discussion de cette question gigantesque, qui ne peut se faire utilement qu'après une étude du mémoire.

M. le Président partage cet avis, il est certain que parmi les objections qui peuvent se présenter à l'esprit, celle relative au dressement du sol à 60 *m* de profondeur peut donner lieu à une discussion intéressante; M. Hersent entrevoit sans doute une solution pour aborder ces profondeurs.

M. Hersent répond qu'on commencerait par les piles qui ne sont fondées qu'à 25 *m*. Pour le dressage du fond, il compte faire usage de grands caissons extérieurs, sans emploi de l'air comprimé. Ces grands caissons, — comme cela a été fait pour le bassin de Toulon, — serviraient à faire toucher le sol par des surfaces tranchantes et feraient disparaître les inégalités du terrain. Quant à la nature du fond, dans toutes les parties qui dépassent 35 *m* de profondeur, la marne bleue est à nu. Les coupes géologiques qui figurent à l'Exposition et les travaux préparatoires du tunnel sous-marin ne laissent aucune incertitude sur ce point.

M. le Président dit qu'on pourra demander, à la prochaine séance, des renseignements complémentaires à M. Hersent sur les idées qu'il vient d'émettre. Malgré l'heure avancée, il donne la parole à M. J.-B. Pradel, pour la description de la partie métallique, afin qu'à la prochaine séance la discussion puisse être utilement abordée sur l'ensemble de ce projet dont l'exposé fait grand honneur à MM. Hersent et Pradel. *(Approbation.)*

M. J.-B. Pradel a la parole pour donner communication des renseignements relatifs à la superstructure du pont en projet. Il s'exprime ainsi :

Messieurs,

En prenant la première fois la parole dans votre réunion, c'est-à-dire devant un public d'élite, composé d'esprits distingués et de savants Ingénieurs, il vous paraîtra naturel que j'éprouve quelque appréhension.

Dans ma carrière industrielle, déjà longue, j'ai eu la bonne fortune, il est vrai, d'exécuter un grand nombre d'importants ouvrages métalliques et de me tenir ainsi au courant des progrès qui s'accomplissent chaque jour dans les constructions; mais c'est vous dire que je suis plus habitué à manier le compas que la parole. J'ai donc besoin de votre indulgence, permettez-moi de croire qu'elle ne me fera pas défaut.

De plus, je ne peux oublier que vous venez d'entendre un de vos an-

ciens Présidents, M. Hersent, dont les remarquables travaux hydrauliques sont connus de tous, et qu'enfin, j'ai devant moi votre Président actuel, M. G. Eiffel, qui a puissamment contribué, par la valeur de ses œuvres, augmenter le bon renom des Ingénieurs et constructeurs français.

Avec l'autorité qui s'attache à son nom, M. Hersent vient de vous exposer les grandes lignes du projet de pont sur la Manche et de vous faire connaître les dispositions prévues pour la construction des piles, leur transport par flottage et leur mise en place. Je vais, à mon tour, vous fournir quelques explications sur la superstructure que M. Schneider a fait étudier au Creusot.

L'emplacement du pont se trouve naturellement désigné par la ligne des plus courtes distances et des plus petites profondeurs; cette ligne part du cap Gris-Nez, traverse les bancs du Colbart et du Varne et atteint la côte anglaise près de Folkestone.

Son développement est de 38 *k* environ.

Sur les bancs, placés vers le milieu du détroit, on ne trouve à mer basse qu'une profondeur d'eau de 6 à 8 *m*. Les plus grandes profondeurs se rencontrent entre les côtes et les bancs; elles ne dépassent pas 55 *m* à la basse mer.

Les auteurs du projet ont tout d'abord pensé à distribuer, sur la ligne choisie pour le tracé du pont, des piles espacées régulièrement de 500 *m* et supportant des travées discontinues.

Ce système présente l'avantage de réduire le nombre d'obstacles à placer dans le détroit; mais il a le grave inconvénient de conduire à un poids considérable et par suite à une importante augmentation des dépenses.

On a donc abandonné cette solution et étudié un moyen plus économique de résoudre le problème. Après divers essais, on s'est arrêté à l'idée de travées en porte-à-faux. On sait que dans des travées de ce genre, il est nécessaire d'avoir entre les appuis d'une même poutre une distance suffisante pour assurer la stabilité de l'ouvrage sous l'influence du vent et la répartition des surcharges.

Au point de vue purement économique, il conviendrait de réduire le plus possible la distance entre les points d'appui; toutefois, pour concilier les exigences de la navigation avec l'économie de la construction, on a admis trois types de travées :

1° des travées offrant des ouvertures alternées de 300 et de 500 *m*;
2° — — 200 et de 350 *m*;
3° — — 100 et de 250 *m*.

Les plus grandes travées correspondent aux grandes profondeurs d'eau, là précisément où le mouvement maritime est le plus actif, et les plus petites aux faibles profondeurs, c'est-à-dire près des côtes et sur les bancs.

Une fois les types de travées arrêtés, on s'est appliqué à faire un choix judicieux du système de poutre, en lui imposant la condition d'exiger le moindre poids possible pour résister aux charges verticales, tout en offrant la moindre prise au vent. La comparaison des diverses formes en usage : croix de Saint-André plus ou moins inclinées, poutres

Pralt, poutres Warren simples, poutres Warren complexes, ont permis de constater en faveur de ces dernières une légère supériorité ; nous les avons donc adoptées.

Il n'est peut-être pas très utile de faire une description détaillée de la partie métallique, car les dessins que vous avez sous les yeux indiquent clairement les dispositions admises ; toutefois, quelques explications permettront de bien fixer les idées en complétant les indications données par les plans.

Les plates-formes des piliers en maçonnerie sont surmontées de piles métalliques sensiblement cylindriques sur lesquelles reposent les poutres principales du tablier. La partie inférieure des poutres est à 55 *m* au-dessus des hautes mers. Comme cette hauteur est libre sur toute l'étendue des travées, elle suffit largement pour livrer passage aux navires des plus forts tonnages et des plus hautes dimensions.

Le pont est à deux voies et les rails sont placés à 72 *m* au-dessus des basses mers.

La largeur du pont est variable. La plus grande distance entre les axes des poutres principales est de 25 *m* sur les appuis des grandes travées. Cet écartement est nécessaire pour obtenir la stabilité de l'ouvrage sous les efforts du vent.

La largeur du tablier proprement dit est de 8 *m* ; il est couvert d'un parquet en tôle striée qui permet aux hommes de service de circuler sur tout le pont. Des signaux, des refuges et des postes de manœuvre sont établis en divers points pour les besoins du service, de même que des feux de toutes sortes sont appliqués sur les poutres pour indiquer aux navigateurs les distances où ils se trouvent des côtes anglaises et françaises ainsi que des bancs du Colbart et du Varne.

Chaque travée se compose de trois parties distinctes :

La partie centrale comprise entre les deux appuis, les porte-à-faux s'étendant à droite et à gauche de cette partie centrale, et enfin la travée indépendante placée au milieu des deux porte-à-faux.

Voici maintenant les dimensions et dispositions principales des grandes travées. Les travées moyennes et les petites, n'étant qu'une réduction proportionnelle des premières, il est moins utile d'en parler ; on trouve d'ailleurs dans la brochure et l'atlas qui l'accompagne toutes les indications suffisantes :

Les grandes travées sont formées de deux poutres principales reposant sur des piles espacées de 300 *m* et prolongées à droite et à gauche par des porte-à-faux.

Leur hauteur est de 65 *m* entre les appuis et de 11 *m* à l'extrémité des porte-à-faux.

Chaque poutre comprend deux nervures réunies par des barres en forme de triangles isocèles. Les nervures inférieures des deux poutres sont distantes de 25 *m* d'axe en axe dans toute l'étendue de la travée centrale et de 10 *m* à l'extrémité du porte-à-faux.

Les nervures supérieures sont réunies au sommet de la travée centrale et s'écartent ensuite progressivement pour arriver à être distantes de 10 *m* à leurs extrémités, comme les nervures inférieures.

Les nervures et les barres principales sont formées de caissons à quatre

cellules, les barres secondaires sont constituées par des caissons simples.

La travée indépendante a 125 *m* de longueur, elle est formée de deux poutres principales verticales, espacées d'axe en axe de 10 *m*. Ces poutres ont, comme celles de la travée centrale et des porte-à-faux, des nervures en forme de caissons que réunissent des barres également à caisson formant des triangles isocèles.

Les poutrelles ont la forme de poutres Warren à trois mailles, elles reposent sur les nervures inférieures des poutres principales en face des nœuds et ont des hauteurs qui augmentent en allant des extrémités des porte-à-faux vers la travée centrale.

Les deux voies sont supportées directement par quatre files de longerons constitués par des poutres simples à treillis dont les sections varient avec les portées et les efforts correspondants.

En vue de parer aux déraillements, les rails sont placés entre deux poutres formant une sorte de caisson ou d'ornière.

Chaque pile métallique est formée de deux colonnes sensiblement cylindriques réunies par un système d'entretoisement qui les rend solidaires pour résister aux efforts du vent. Chacune de ces colonnes comprend deux âmes concentriques pleines, reliées suivant le rayon par douze entretoises dont le prolongement forme des contreforts extérieurs et intérieurs.

L'âme cylindrique est prolongée par le bas pour former dans les piliers en maçonnerie un tube d'ancrage qui établit l'encastrement.

Une plaque circulaire termine chaque colonne à son sommet. Un appareil à dilatation est placé sur chaque colonne d'une même pile, les deux colonnes de la pile voisine reçoivent un appareil fixe, de telle sorte que les écarts de température se traduisent par un jeu plus ou moins grand entre une extrémité de la travée indépendante et le porte-à-faux.

Les poids ont été déterminés par le calcul et majorés de 18 0/0 pour tenir compte des assemblages, des tête de rivets et des couvre-joints. La pratique montre que cette majoration est largement comptée, si l'on considère la facilité qu'on trouve aujourd'hui dans les forges, d'obtenir des tôles et profilés de grandes longueurs permettant de réduire le nombre des assemblages. Le poids moyen, piles comprises, est de 20,5 *t* par mètre linéaire.

On a pris pour base des calculs un travail de 12 *kg* par millimètres carrés de section, trous de rivets déduits. Bien qu'élevée, cette limite de travail doit inspirer toute confiance, car elle n'est atteinte que dans les deux cas suivants :

Lorsque le pont est libre et frappé par un vent d'une violence extrême, exerçant un effort de 270 *kg*, par mètre superficiel, ou bien quand le pont est chargé et soumis en même temps aux efforts d'un vent de 170 *kg* par mètre carré.

Le travail du métal ne dépasse pas 6 à 7 *kg* si on considère le pont chargé, mais sans vent.

A ce sujet, il n'est pas inutile de rappeler que les vents régnant dans le détroit n'on pas l'intensité qu'on leur suppose généralement.

Il résulte, en effet, de nombreuses observations faites avec grand soin que les vents de la Manche sont sensiblement de même force que le

mistral sur les côtes de la Méditerranée ou dans la vallée du Rhône. Sur ces derniers points il existe depuis longtemps beaucoup de ponts métalliques qui résistent fort bien aux ouragans, bien qu'ils aient été calculés pour des efforts de renversement moindres que ceux envisagés ici.

Le métal que les auteurs du projet proposent d'employer est un acier caractérisé par les chiffres suivants :

Charge de rupture, 47 à 50 *kg*.

Limite élastique, 26 *kg*.

Allongement pour cent, mesuré sur 200 *mm*, 25 *mm*.

Un tel acier est sans doute un peu plus dur que celui dont on se sert actuellement dans les constructions navales ; mais il faut remarquer qu'il n'a pas ici les mêmes conditions à remplir, puisqu'aucun travail de forge n'est nécessaire en raison des formes simples que comportent les pièces du pont.

Permettez-moi, Messieurs, d'arrêter un moment votre attention sur un point dont l'importance ne saurait vous échapper. D'après les calculs et devis, on arrive au chiffre rond de 1 000 000 de tonnes d'acier, dont 800 000 pour le pont proprement dit et 200 000 pour les caissons, le matériel flottant, les diverses installations à terre, etc., etc.

En supposant ce tonnage livré moitié par l'Angleterre et moitié par la France, ce serait pour notre pays une livraison annuelle de 50 000 tonnes et cela pendant une période de dix années.

Une telle production donnerait aux métallurgistes et aux constructeurs une alimentation qu'ils n'ont jamais connue ; bien supérieure à celle que l'Exposition universelle a fait naître.

M. V. Contamin. — Je peux à ce sujet faire connaître le chiffre exact des métaux employés dans les constructions du Champ de Mars et des annexes. Le poids total des fers et fontes livrés s'élève à 45 000 tonnes réparties sur deux années.

M. Pradel. — Les chiffres cités par M. Contamin prouvent que pendant une période de dix ans, les constructeurs français auraient à fournir un tonnage annuel double de celui que le service de l'Exposition a exigé.

Il me reste, Messieurs, à vous parler de la mise en place du pont. C'est assurément la partie délicate et la plus difficile du problème. Les auteurs du projet ont envisagé deux solutions :

La première consiste à transporter par flottage des tronçons plus ou moins grands de travées et à les élever ensuite au niveau voulu au moyen de presses hydrauliques ; le complément de la pose se fait par cheminement dans le vide ;

La deuxième solution consiste à créer des points d'appui mobiles entre les pilliers de support ; à réunir ensuite ces points d'appui par une sorte de tablier sur lequel se fait à hauteur définitive l'assemblage des parties centrales des travées. Les porte-à-faux et la travée indépendante sont ensuite mis en place dans le vide.

Quelques détails sont ici nécessaires pour bien faire comprendre ces opérations. La première surtout nécessite une série d'installations et de précautions que je vais décrire sommairement.

C'est dans le petit port d'Ambleteux, suffisamment abrité contre les

vents du large, que doit se faire l'installation du chantier de montage pour les travaux à construire en France. Cette installation comprend notamment deux quais séparés par un chenal assez large et assez profond pour recevoir les travées chargées, prêtes à être remorquées au large. Normalement à ces quais sont placés des épis en maçonnerie qui doivent supporter tout le poids de la partie métallique.

Les pièces du pont, livrées par les divers constructeurs, sont dirigées sur le chantier de montage et assemblées avec toutes les ressources et tous les engins perfectionnés dont dispose l'industrie moderne. Une fois la partie centrale d'une travée montée et rivée, des presses hydrauliques la font glisser sur les épis. C'est dans cette position que les pontons, en nombre suffisant, viennent la prendre à mer basse pour la soulever avec la marée et la conduire ensuite sur les piliers de support à l'aide d'un remorqueur.

Il faut remarquer que cette opération n'est pas sans exemples. Il y a une vingtaine d'années, j'en ai vu une application heureuse en Hollande au pont du Moerdeck, où des travées de 100 *m* ont été chargées et mises en place sur leurs piles par le jeu de la marée et cela avec une régularité parfaite sans incident à signaler.

Il est vrai qu'on opérait en eau calme et sur des masses moins considérables que celles dont il est question ici ; toutefois rien n'empêche de choisir pour la manœuvre le moment le plus favorable et même de rentrer au port si le temps devient menaçant.

Le poids de la partie centrale des plus grandes travées représente environ 9 500 tonnes, y compris une partie du porte-à-faux de droite et de gauche. Pour faire flotter ce poids, il suffit de trois pontons ayant comme dimensions : 70 *m* de longueur, 22 *m* de largeur, 6 500 *m* de tirant d'eau et déplaçant en pleine charge 5 500 tonneaux.

L'ensemble de la portion du pont et des trois pontons qui la supportent, par l'intermédiaire d'une charpente métallique convenablement disposée, est traîné par un remorqueur puissant jusqu'à l'emplacement des piliers de support où, à l'aide de treuils à vapeur, on place la travée bien à l'aplomb des points d'appui qui doivent la recevoir et sur lesquels sont installés des tampons de choc destinés à amortir les secousses provenant du mouvement des lames.

Lorsque le pont repose sur ses quatre appuis, on le soulève au moyen de presses hydrauliques placées dans l'intérieur des piles métalliques ; on agit ensuite par courses successives permettant à chaque étape de monter une nouvelle virole des piles, et on arrive ainsi jusqu'au niveau désigné.

En tenant compte du poids à soulever et des efforts que le vent peut exercer pendant le montage, on est conduit à donner à chaque presse une puissance de 3 000 *t*. Un semblable engin n'a rien d'imprévu, car des presses plus puissantes sont déjà en service dans la métallurgie.

Lorsque la partie centrale est fixée sur le sommet des piles, on continue la mise en place des porte-à-faux par les procédés connus de cheminement dans le vide, procédés qui eux-mêmes ont reçu des applications déjà anciennes, notamment au pont d'El Cinca, en Espagne, construit par le Creusot, en 1865.

En dehors du procédé que je viens de décrire, les auteurs du projet ont étudié une autre solution dont voici en substance le caractère essentiel : au lieu de transporter par flottage des masses considérables, on a envisagé le moyen de conduire à pied d'œuvre de simples éléments du pont et de les assembler directement à leur hauteur définitive. Pour cela, les piles métalliques sont montées par anneaux successifs, sans l'emploi des presses hydrauliques, mais simplement à l'aide d'apparaux légers et faciles à déplacer. Entre les deux piles d'une travée centrale, on dispose deux piles mobiles faisant partie du matériel de montage et composées chacune d'un caisson à la base et de deux colonnes réunies par un entretoisement.

Dans les grandes travées, les deux piles mobiles sont espacées de 80 *m* et réunies à leur sommet par une sorte de tablier servant de chantier de montage.

Sur cette plate-forme, le pont est assemblé et rivé comme sur le chantier à terre et prolongé ensuite à droite et à gauche dans le vide jusqu'à la rencontre des deux piles fixes. Lorsque le pont est assis sur ces dernières, les porte-à-faux sont mis en place dans le vide, comme dans le premier cas.

Je n'ai que quelques mots à ajouter pour finir. Les auteurs du projet n'ont pas la prétention de croire que leur étude n'est susceptible ni de changements ni d'améliorations, mais ils estiment qu'elle est aujourd'hui assez complète et assez précise pour permettre à toutes les personnes compétentes de faire connaître leurs appréciations. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Hersent et Pradel de leur très intéressante communication. Il espère qu'ils assisteront à la prochaine séance pour répondre aux objections qui pourraient être présentées. Il serait à désirer qu'une telle question, si bien exposée dans ses grandes lignes par MM. Hersent et Pradel, soit examinée par le plus grand nombre possible de nos collègues. *(Approbation.)*

La séance est levée à onze heures.

HALAGE FUNICULAIRE

SYSTÈME ORIOLLE

NOTE

SUR

L'INSTALLATION FAITE A TERGNIER SUR LE CANAL DE SAINT-QUENTIN

Par MM. F. RABEUF et E. CAREZ

Après de longues et laborieuses expériences effectuées à Tergnier, en 1883 et 1884, sur le halage funiculaire, M. Oriolle vient de réinstaller sur le même point son mode de traction, en y apportant les modifications et les perfectionnements auxquels l'ont amené ses premières expériences et ses nouvelles études.

Le but du halage funiculaire est, comme on le sait, de remplacer la traction animale des bateaux par une traction mécanique. A cet effet, le halage est effectué à l'aide d'un câble sans fin, établi le long des deux berges et actionné par un moteur fixe. Sur une section supposée rectiligne, le câble affecte donc la forme d'un rectangle : aux quatre angles de la section sont établies des poulies de renvoi horizontales. Le câble sans fin longe le bord du canal à l'extérieur du chemin de halage, de façon à le laisser libre, si le halage par chevaux devait être momentanément repris en cas d'avaries; il est supporté à 4 *m* environ au-dessus du sol par des poulies montées sur des supports espacés de 50 à 60 *m*.

La section sur laquelle ont été installés les appareils d'essais est située près de Tergnier et s'étend du pont de Quessy à l'écluse, dite de Tergnier, sur une longueur de 3 *km*. Le plan de cette section est donné à la planche 228 (Fig. 1.) Sur ce parcours se trouvent groupées toutes les difficultés qui peuvent se rencontrer dans le tracé d'un canal : on rencontre, en effet, sur le parcours desservi par le câble, 3 écluses, 2 ponts et 2 courbes dont l'une n'a que 100 *m* de

rayon, 4 élargissements du plan d'eau ; enfin le câble franchit le canal de la Fère à sa jonction avec le canal de Saint-Quentin.

Les supports courants représentés planche 228 (Fig. 1), ont été étudiés dans le but de présenter, avec une grande légèreté, toute la résistance nécessaire et d'offrir par leur forme même une stabilité suffisante, permettant d'éviter des fondations en maçonnerie, qui peuvent dans certains terrains être relativement difficiles et coûteuses.

Les abords des écluses présentent un élargissement de 4 *m* à 4,50 *m* constituant un garage. Le chemin de halage se trouve ainsi suivre une ligne brisée. Pour éviter d'infléchir, sans nécessité, le câble, ce qui conduirait à augmenter l'effort que le moteur devrait produire pour l'entraîner, on a été conduit à employer en ces points des supports spéciaux. Les supports adoptés pour ces essais sont des potences en fer dont le pied est implanté à l'extérieur du chemin de halage, planche 228 (Fig. 2.) Le câble est ainsi suspendu en porte-à-faux de façon à laisser la circulation s'effectuer librement, la poulie qui le porte étant dans l'alignement des poulies voisines de part et d'autre.

Les ponts sont situés pour la plupart sur la tête aval de l'écluse, de telle sorte que le câble surélevé à l'amont doit plonger avec une très forte inclinaison pour passer sous l'obstacle. Son guidage est assuré par des poulies en fonte disposées contre les culées du pont.

Les courbes nécessitent des supports plus robustes, on le comprend facilement à cause des résultantes spéciales provenant des deux brins du câble qui ne se trouve plus dans la même ligne droite.

Sur la courbe extérieure ces supports spéciaux sont exécutés en bois et haubanés solidement aux arbres qui bordent les berges du canal à l'extérieur du chemin de halage.

Sur les courbes intérieures, sont disposés, marquant les sommets d'angle, des galets en fonte à axe vertical montés sur des supports en fers.

Ces galets sont placés dans le voisinage d'une poulie de support courant, de sorte que le câble, dans les diverses variations qui peuvent se produire dans sa flèche, reste toujours en contact avec ces galets.

Le câble est mis en mouvement par une locomobile de trente chevaux environ, actionnant au moyen d'une courroie et d'un embrayage à friction, un train d'engrenage donnant le mouvement

à la poulie d'entraînement. Cette poulie est à deux gorges garnies de douves en bois de pitch-pin. Ces douves s'introduisent par des fenêtres latérales dans des logements venus de fonte sur les joues de la poulie. Elles se placent comme une clavette, et sont maintenues par une goupille. Leur remplacement peut se faire très rapidement et très simplement. On obtient ainsi avec le câble un contact qui ne peut le détériorer.

Le brin tendu passe à la partie supérieure de la poulie, s'enroule sur une demi-circonférence de la poulie d'entraînement, se rend sur une poulie folle dont l'axe est établi sur le banc supportant la première poulie, revient, s'enroule dans la deuxième gorge de la poulie d'entraînement, repasse sur une deuxième poulie folle placée sur le même axe que la première et ressort sur l'arrière du moteur : en cet endroit se trouve placé un compensateur destiné à régulariser la tension du brin mou.

Ce compensateur se compose de deux poulies à axe fixe supportant le câble ; entre ces deux poulies se trouve placée au-dessus du câble une troisième poulie à l'axe de laquelle est suspendu un plateau sur lequel sont disposés des poids en fonte.

La charge totale ainsi suspendue au câble est en moyenne de 600 *kg*.

Le câble employé pour les expériences est le même qui avait servi en 1884.

Il se compose de 6 tours de 7 fils d'acier de 2,3 *mm* environ, commis sur une âme en chanvre goudronné.

La section transversale du câble est de 184 m^2 correspondant à un poids de métal de 1,4 *kg* par mètre courant environ.

Voici maintenant les 3 problèmes principaux que M. Oriolle s'est posés dès le début de ses installations.

1° Disposer l'installation de manière à ce que le câble ne puisse quitter les supports.

2° Relier le câble à la péniche à remorquer par un mode d'attache qui permette au marinier, *même seul sur son bateau*, en tout point du parcours, de *provoquer*, *maintenir* ou *suspendre* son entraînement, et cela sans effort et sans descendre à terre.

3° Disposer un appareil permettant un démarrage progressif et assurant, en cas d'abordage, de talonnement, ou d'échouage, une suspension automatique de l'entraînement de la péniche par le câble.

Ces trois problèmes ont été résolus de la manière suivante :

1° Les poulies sont suspendues par une ferrure terminée par

une manille en fer rond venant s'accrocher au support fixe. Ce mode de suspension figuré sur la planche 228 (Fig. 1) permet à la poulie de se mouvoir dans tous les sens et à son axe de prendre toutes les directions possibles, de telle façon que la direction de l'effort se trouve toujours dans le plan de la poulie, et que le câble reste au fond de la gorge. Pour faciliter cette mobilité, un contrepoids équilibre la poulie de l'autre côté de l'axe de suspension. Les premiers essais avaient en effet fait reconnaître qu'il est extrêmement difficile, sinon impossible, avec un câble modérément tendu, d'opérer un remorquage sans chute du câble, si les poulies supports ont leurs axes invariablement fixes, quelque bien réglée que soit la direction de ces axes. Pour se rendre compte de cette difficulté, il suffit de remarquer que le point d'attache de la remorque sur le câble tend à se rapprocher du canal, avec une force très grande au moment du démarrage. La corde de l'arc compris entre le point d'attache et le point de suspension du câble tend à se placer dans la direction de la remorque. Au moment où l'attache de la remorque se présente pour franchir la poulie, le câble est appliqué sur une joue de la gorge, de sorte que l'attache prend son contact avec cette joue et avec le fond de la gorge; l'effort ayant lieu à cet instant dans une direction très oblique, il peut y avoir chute du câble.

La mobilité de la poulie équilibrée permet d'éviter sûrement cet inconvénient.

Le deuxième problème est resolu au moyen d'un appareil fort bien imaginé appelé *menotte*, planche 228 (Fig. 2). Cette menotte se compose d'une douille métallique en acier coulé fendue longitudinalement pour pouvoir s'engager sur le câble Dans cette douille sont logées trois bagues en acier.

Chaque bague est en deux pièces s'assemblant à queue d'aronde pour s'enfiler sur le câble.. Un levier d'attache à deux branches est supporté par son axe dans deux rainures fondues avec la douille. La remorque du bateau et une cordelette de déclenchement sont fixées aux branches de ce levier. La menotte est disposée pour pouvoir se monter et se démonter très facilement sur le câble pendant la marche de celui-ci

Le fonctionnement de cet appareil est très simple; une tension de la remorque détermine l'appui du galet sur la bague médiane et par suite donne lieu à un coincement du câble entre les deux bagues extrêmes : d'où entraînement de la menotte Si on tire sur la cordelette de déclenchement fixée au levier, les trois bagues se

replacent dans le prolongement l'une de l'autre, laissant glisser le câble qui devient indépendant de la menotte; mais, comme on le verra plus loin, il faut une modération de la tension de la remorque pour que l'action par la cordelette soit efficace.

Comme on le voit, sur la sur la figure 3 (Pl. 228), le mouvement de rotation que prend toujours un câble animé d'un mouvement de translation peut s'effectuer librement, dans les bagues de la menotte, sans amener l'enroulement de la remorque, par l'effet du jeu laissé à ces bagues dans leur logement.

La menotte peut, quels que soient en grandeur et en direction les efforts exercés par la remorque, passer au fond de la gorge des poulies sans faire dérailler le câble. A cet effet un guide métallique, figure 1 (Pl. 228), nommé pare-menotte, est fixé à chaque suspension de poulie. La spire allongée formée par ce guide vient guider le levier de la menotte et oblige la douille de celle-ci à se présenter au milieu de la gorge. Les pare-menottes sont également munis d'une ferrure cintrée appelée pare-remorque, empêchant les cordes de remorque et de déclenchement de s'engager dans les gorges de la poulie. Cet appareil satisfait complètement aux conditions du deuxième problème posé.

3° Le troisième problème est résolu au moyen d'un appareil nommé *boulard* du nom donné par les bateliers aux bittes d'amarre de leurs péniches.

Cet appareil est représenté (Pl. 228, fig. 3.) Il se compose de deux bittes à gorge en fonte BB, disposées chacune sur un pivot-trou conique CC venu de fonte avec le socle de l'appareil. La corde de remorque est enroulée autour des bittes. Au moment du démarrage, la corde se déroule sur les bittes en faisant tourner celles-ci. Dans ce mouvement, les bittes se trouvent progressivement serrées sur leur pivot: cette pression s'opère graduellement à chaque tour par le mouvement qu'imprime au cliquet à excentrique a un deuxième excentrique a' calé sur l'axe de l'un des cônes, mouvement qui force à descendre le levier L et par suite augmente la tension du ressort r. Après huit tours, la pression est telle que les bittes cessent de tourner sous l'effort ordinaire d'entraînement. La traction, presque nulle au début, atteint graduellement le maximum que l'on détermine en réglant la tension du ressort. Dans les essais de Tergnier, le maximum choisi est de 350 *kg*. Ce maximum n'est pas toujours atteint: quand il est atteint, la remorque peut continuer à se dérouler en faissant tourner les bittes et en exerçant un effort de 350 *kg* qui ne peut être dépassé. Dès que le bateau a atteint sa

vitesse normale de marche, cet effort tombe à 80 *kg* environ pour une péniche de 250 à 300 *t.* On réalise ainsi, en évitant de donner au câble une surtension dangereuse, les désiderata signalés plus haut. On évite en même temps l'usure de la remorque, et cette considération n'est pas sans importance, la remorque appartenant au marinier.

Le boulard sert également à éviter les à-coups qui se pourraient produire si l'effort de traction, pour une raison quelconque, échouage, talonnement, venait à subir une augmentation anormale. Dans ce but, la cordelette de remorque est fixée à un levier faisant partie du boulard et calé sur l'arbre de l'excentrique qui détermine la pression des bittes sur leur siège. Si l'effort de traction vient, pour une raison quelconque, à dépasser le maximum prévu, les bittes, sous cet effort, se mettent à tourner, et la remorque devient lâche et file : la distance de la menotte sur le câble au boulard sur le bateau augmente donc, mais la cordelette de déclenchement, qui est fixée d'une part au levier de la menotte, et d'autre part, au levier du boulard, ayant presque une longueur fixe, se tend, et cette tension devenant assez grande produit le basculement du levier du boulard. Dans ce basculement, le serrage des bittes sur leur support conique passe du maximum au minimum; la remorque défile encore avec plus de facilité et mollit complètement; tandis que la cordelette de déclenchement tendue agit sur le levier de la menotte, la rend indépendante du câble sur lequel elle glisse sans plus être entraînée Cette cordelette doit rester tendue pour éviter le serrage de la menotte sur le câble, qui serait provoqué par le poids seul de la remorque.

Ces deux derniers appareils, *menotte* et *boulard*, sont d'une manœuvre simple : leur rusticité et leur prix peu élevé remplissent les conditions nécessaires pour en faire accepter l'emploi par les mariniers. On ne saurait faire entrer dans le domaine d'une exploitation industrielle pratique des engins qui viendraient bouleverser les habitudes et la routine invétérées de la batellerie.

Voici comment, avec les engins qui viennent d'être décrits, on peut concevoir que se fera l'exploitation d'un canal par ce système.

A l'entrée du canal, le batelier reçoit un boulard qui est placé sur le pont et relié à une bitte d'amarre de la péniche. Chaque circuit du câble forme une section : un ouvrier attacheur se tient à l'entrée de chaque section et dispose toujours à l'avance plusieurs menottes : il accroche sans retard la remorque et la cordelette de remorque du bateau qui se présente. Le batelier manœuvre le bou-

lard comme il a été dit. A la sortie de la section, un autre ouvrier décroche les cordes de remorque et les fixe à nouveau à une menotte qu'il a apprêtée sur la section suivante et ainsi de suite. Le même ouvrier assure ainsi la sortie du bateau d'une section et son entrée dans la suivante.

Nous terminerons en décrivant les expériences auxquelles nous avons assisté et en donnant quelques renseignements sur les efforts du remorquage et sur la tension du câble et en donnant brièvement l'historique des études de M. Oriolle.

Le câble étant en marche, et la menotte installée sur le câble qui le traversait sans l'entraîner, une péniche chargée de 150 *t* environ de gravier a été démarrée en aval de l'écluse supérieure: cette péniche a été, après démarrage permettant de constater le bon fonctionnement du boulard, halée par le câble jusque dans l'écluse. Pendant l'éclusée, la cordelette de déclenchement était attachée à un point fixe sur le bateau pour maintenir le desserrage de la menotte. Ce câble traversait donc la menotte sans l'entraîner. Les portes amont de l'écluse étant ouvertes, le batelier a molli sa cordelette de déclenchement, et la menotte s'est mise en marche, la corde de remorque a produit sur le boulard un nouveau démarrage, et le bateau a été remorqué jusqu'à l'extrémité amont de la section, au pont de Quessy. A cet endroit, la menotte a été démontée et transportée sur la rive opposée pour la descente du bateau. Après ce troisième démarrage, le bateau a parcouru de nouveau le bief de Quessy, la menotte passant sur la courbe extérieure et reprenant ensuite l'alignement droit jusqu'à l'écluse dans laquelle le bateau a été amené par le câble. Le fonctionnement de tous les organes a paru entièrement satisfaisant.

Les essais de traction qui ont eu une durée limitée, en raison du retard momentané qu'ils peuvent apporter dans la circulation intense des bateaux sur le canal de Saint-Quentin, ont été repris le lendemain, en présence du Congrès international de navigation. Plusieurs membres de la Société des Ingénieurs civils ont pu y assister. Dans ces derniers essais, deux péniches de 38 *m* de longueur, avec chargement de 300 *t*, ont été amarrées au câble. Les passages de pont, passages de courbes, entrées et sorties d'écluse, croisements, se sont effectués sans incident ; ces bateaux, pris au moment de leur passage, tout à fait au hasard, ont été conduits par des pilotes instruits en quelques jours de la manœuvre du boulard.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés, les efforts

de traction pendant le remorquage sont très variables ; au démarrage, sous l'effort progressif qui atteint le maximum imposé de 350 *kg*, la longueur de remorque défilée varie de 3 à 4 *m* et même 12 *m*, suivant les circonstances et la position du bateau ; en marche normale, la péniche chargée de 150 *t* de gravier qui a servi aux expériences ne déterminerait sur la remorque qu'un effort de 70 à 80 *kg*. On atteignait rarement au démarrage l'effort maximum de 350 *kg;* cet effort est, au contraire, atteint régulièrement avec une péniche de 300 *t*. Il convient de faire remarquer que l'effort de traction pendant la marche ne saurait être constant ; en effet, chaque éclusée venant de l'amont produit, à son passage à l'endroit où se trouve la péniche, une augmentation de vitesse qui donne au bateau descendant une accélération : la remorque mollit dans ce cas. Ce volume d'eau, après avoir parcouru tout le bief, vient buter contre les portes d'écluse ; il se produit alors un ressac que les bateliers appellent coup d'eau ou rejone, qui, venant en sens inverse du bateau descendant, ralentit sa marche et produit brusquement une tension plus grande dans la remorque : cette tension est toujours limitée à 350 *kg* par la présence du boulard. Ces courants d'eau ont un effet absolument inverse sur les bateaux montants : il est donc rare que la remorque conserve pendant un certain temps une tension constante, et on conçoit encore mieux, avec ces variations qui peuvent être très brusques, principalement aux étranglements produits à l'endroit des ponts, l'utilité, disons plutôt la nécessité du boulard.

La tension du câble au repos est d'environ 2,8 *kg* à 3 *kg* par millimètre de section ; cette tension correspond à une flèche de 0,70 *m* environ pour 50 *m* de portée. Cet effort au repos est insignifiant.

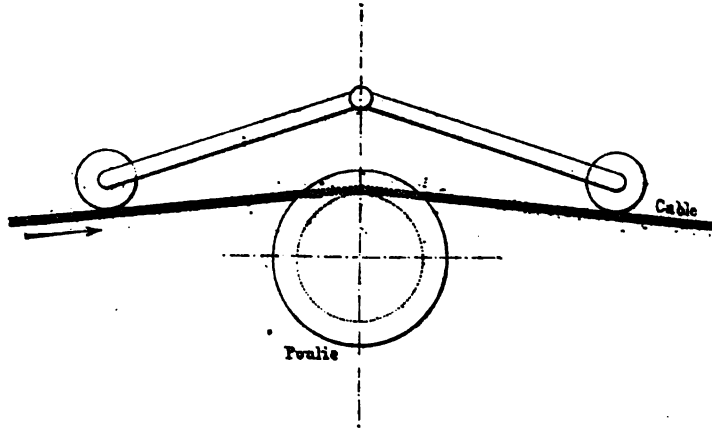
La tension d'incurvation sur les poulies d'extrémité qui ont 2 *m* de diamètre est de 24 *kg* par millimètre de section. M. Oriolle nous fait remarquer qu'il serait plus avantageux d'employer des poulies de 3 *m* de diamètre et un câble composé de fils de moindre diamètre ; on aurait ainsi un effort moindre par millimètre carré pour l'incuvation, et la souplesse du câble serait plus grande.

Une des parties intéressantes de notre visite a été l'examen des divers procédés imaginés successivement par M. Oriolle avant d'arriver au point actuellement atteint.

Les premières menottes ont été une simple étrive, puis une pince venant saisir le câble ; ces moyens ont été rapidement abandonnés quand on s'est aperçu que le câble tournait sur lui-

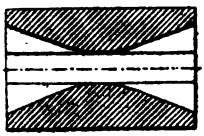
même et venait enrouler la corde de remorque. Pour éviter cet enroulement, M. Mékassky a proposé une menotte à baïonnette très ingénieuse ; mais le déclanchement ne se produisait pas avec la facilité et la célérité désirables. C'est alors que M. Oriolle imagine d'interposer entre la menotte et le câble des bagues permettant au câble de tourner sur lui-même sans enrouler la remorque. Ces premières menottes à bagues étaient munies d'une sorte d'oreille de charrue faisant l'office de pare-menotte et déterminant une bonne entrée de la menotte dans la gorge de la poulie.

Sur la demande de M. Derome, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui a bien voulu autoriser les essais de M. Oriolle, celui-ci avait également étudié et réalisé un système de point fixe démontable, venant se fixer facilement en un point quelconque du câble. Pour produire le halage, on posait un crochet sur le câble ; au passage du point fixe, ce crochet était entraîné et le halage s'effectuait. Le déclenchement était produit par une sauterelle interposée sur la remorque, dans le voisinage du point d'attache sur le câble. Ce déclenchement était supposé produit par un homme suivant à terre le bateau pendant sa marche. Le dégagement de la corde de remorque au moment de son passage sur les poulies était facilité par des crans pratiqués sur les joues. M. Oriolle ne s'est pas contenté de cette solution qui lui paraissait exiger un personnel trop nombreux, et a été amené à celle décrite ci-dessus.



Pour éviter les chutes du câble qui se produisaient encore en 1884, tant que les poulies suspendues n'ont été mobiles que dans un seul plan autour d'un axe parallèle à la direction du canal, M. Oriolle avait employé un dispositif à balancier avec deux galets

appuyant sur le câble. Au passage de la menotte, à l'entrée comme à la sortie, le galet était légèrement soulevé de l'épaisseur de la douille de la menotte, pour le passage de celle-ci ; le câble se trouvait ainsi appuyé par les galets sur le fond de la gorge de la poulie dans le but d'éviter les chutes ; mais celles-ci se sont toujours produites tant que la mobilité de la suspension n'a pu être réalisée dans plusieurs plans. Cette mobilité avait été obtenue dès 1884 en donnant aux douilles en fonte dans lesquelles passait l'axe de la suspension un double alésage cône permettant une certaine mobilité dans plusieurs plans.



Le système imaginé par M. Oriolle diffère, comme on a pu le voir par la description que nous en avons faite, du système de M. Maurice Lévy, surtout par la mobilité des poulies du système de M. Oriolle, ce qui n'oblige plus à donner au câble une tension et un poids assez considérable pour éviter les chutes du câble.

L'ensemble des appareils et les essais auxquels nous avons assisté paraissent indiquer que le problème du halage mécanique par câble sans fin est bien près d'être résolu d'une manière pratique. Mais avant de se prononcer d'une façon définive, il faudrait faire faire aux appareils, au câble surtout, un service régulier, à l'exclusion du remorquage par chevaux. On apprécierait surtout, et c'est là un point principal, la durée du câble, engin coûteux, dont la conduite peut faire varier dans une sensible proportion le prix de revient du système.

DISCOURS

PRONONCÉ

AUX OBSÈQUES DE M. F. MATHIAS

PAR

M. V. CONTAMIN

LE 23 SEPTEMBRE 1889

MESDAMES, MESSIEURS,

C'est sous l'impression d'un sentiment de profonde tristesse, qu'au nom de la Société des Ingénieurs civils, je viens saluer une dernière fois M. Félix MATHIAS, et exprimer à sa famille notre plus douloureuse sympathie.

Des voix éloquentes, autorisées et amies viennent de vous retracer sa carrière d'Ingénieur et de rappeler les services qu'il a rendus pendant près d'un demi-siècle à la Compagnie du Chemin de fer du Nord ; permettez-moi donc de n'insister que sur les particularités de sa vie, si bien remplie, qui nous appartiennent plus spécialement

Le nom de Mathias nous est cher à bien des titres ; il se trouve en effet associé, tout d'abord, à ceux des Flachat, Callon, Petiet, Polonceau, Yvon Villarceau et autres Ingénieurs illustres qui, en 1848, ont fondé notre Société. Il appartient à notre famille, il a aidé au prestige et à la bonne renommée de notre Société ; nous lui en exprimons ici toute notre gratitude.

Sa grande bienveillance, son extrême affabilité et l'esprit conciliant qu'il apportait dans les discussions lui conquirent rapidement les sympathies de ses collègues. La vive intelligence et la grande netteté d'esprit avec lesquelles il étudiait les questions relatives à l'organisation de notre Société, ainsi que les problèmes se rapportant aux applications de la science à l'industrie, le mirent, d'autre part, rapidement en évidence ; aussi était-il

nommé successivement Membre de notre Comité pendant les années 1858-59-61-63 et 64, puis Vice-Président de notre Société pendant les années comprises entre 1874 et 1878.

Absorbé, depuis, par les soins de plus en plus constants qu'il devait donner au grand service, dont la direction lui était confiée par la Compagnie du Chemin de fer du Nord, il ne put, à notre très grand regret, continuer à faire partie de nos Comités ; mais il n'a cessé de nous témoigner une sympathie et une bienveillance dont nous ne pouvons assez le remercier, car tous ses moments étaient absorbés par le travail, et on peut dire qu'il n'a cessé de travailler qu'en finissant de vivre.

Il nous a toujours accordé avec une parfaite bonne grâce toutes les facilités de transport que nos relations internationales nous amenaient à lui demander pour nos Collègues étrangers, et nous a ainsi puissamment aidés à entretenir avec eux cet esprit de concorde et de camaraderie qui ne peut que profiter aux bonnes relations extérieures de notre cher pays. Il a enfin, en encourageant ses jeunes collaborateurs à aborder notre tribune, aidé à l'intérêt et souvent à l'éclat répandu autour des questions qui s'y trouvaient traitées ; il n'a donc pas cessé un instant de s'intéresser à la prospérité de notre Société et au développement de notre propagande scientifique ; il n'a pas cessé un seul instant, en un mot, de nous rendre des services.

Homme de devoir avant tout, il ne comptait cependant que des amis, car il savait imposer l'estime par son caractère et charmer tous ceux qui l'approchaient. L'affluence d'amis qui se presse autour de nous prouve à sa famille désolée combien il laisse de regrets et de quelle estime il était entouré ; son souvenir restera toujours vivant parmi nous.

Et maintenant, que le moment de la séparation est venu, c'est le cœur serré et avec une bien vive émotion, qu'au nom de tous, j'adresse un dernier adieu à notre cher et regretté Collègue, car il m'a été donné d'apprécier tout particulièrement, pendant vingt-cinq années de vie commune, combien son intelligence était vive et surtout combien son cœur était bon.

Que l'hommage public de notre affection, de notre estime et de nos très vifs regrets adoucisse l'immense douleur de sa digne compagne, de ses chers enfants et de sa famille, et leur dise combien est grande la part que tous ici nous prenons à leur perte !

Adieu, cher et excellent Collègue !

NOTES

SUR

LA RAIDEUR DES CORDAGES

PAR

L. de LONGRAIRE

---

1. — Ayant voulu, à diverses reprises, calculer la raideur de cordages en chanvre ou de câbles en fil métallique, nous nous sommes reporté à ce qui a été publié sur cette question, mais sans jamais être satisfait de ce que nous trouvions. Cette raideur est le plus souvent comprise dans une évaluation en bloc des résistances passives et sa détermination est alors tout à fait négligée. Cependant, sans parler des utilisations temporaires des cordages en matières textiles pour les manœuvres de chantier qui, dans le montage des ponts et charpentes, peuvent devenir fort importantes, ces cordages sont appliqués dans les installations de mines et dans les transmissions dites cordes-courroies sans fin.

Quant aux câbles en fils métalliques, ils sont employés de plus en plus dans les mines, les chemins de fer funiculaires, les transmissions télédynamiques, le halage des navires dans les cales, et comme câbles aériens fixes ou mobiles. Toutes ces applications, qui tendent à se développer beaucoup, ont attiré l'attention des Ingénieurs sur la raideur de ces câbles, au sujet de laquelle les expériences de M. Murgue, faites en 1887, ont fourni des indications qui manquaient jusqu'alors à peu près complètement

Nous espérons avoir fait œuvre utile en réunissant les informations que nous avons recueillies dans les livres originaux des auteurs qui s'en sont occupés, à l'exclusion des ouvrages de seconde main. Cet exposé historique est suivi d'un examen critique où nous faisons voir combien les théories actuelles laissent à désirer. Nous en proposons une nouvelle basée sur la méthode expérimentale. Nous montrons ensuite que les formules indiquées jusqu'ici dans les

traités de mécanique sont à rejeter, aussi bien que les théories. Nous indiquons enfin des expressions dont la simplicité n'est pas obtenue aux dépens de l'exactitude, et qui pourront ainsi être utilisées dans la pratique des constructions.

Un index bibliographique, contenant la liste de tous les livres que nous avons consultés, termine ce travail.

DÉFINITIONS ET NOTATIONS

2. — Le mot *raideur* a deux significations bien distinctes en mécanique appliquée, l'une relative à l'élasticité, l'autre réservée aux cordages.

Si un prisme de longueur L et d'une section Ω est soumis à une tension T qui provoque en lui un allongement l, correspondant à un module E d'élasticité, on sait que l'on aura :

$$T = E\Omega\frac{l}{L}, \quad \text{d'où} \quad \frac{T}{l} = \frac{E\Omega}{L}.$$

Ce rapport $\frac{T}{l}$ est appelé *raideur* par Poncelet, dans son *Introduction à la Mécanique Industrielle* (p. 236 et suivantes), de sorte que si T est petit et l très grand, comme dans le caoutchouc, le rapport $\frac{T}{l}$ sera très petit, et le corps qui est très élastique sera dit manquer de raideur; dans le cas contraire, le corps sera très raide.

Poncelet fait observer que si la tension T′ correspond à $\Omega = 1$ et $\frac{l}{L} = 1$, on aura précisément $T' = E$: il en déduit que le module d'élasticité d'une substance homogène quelconque n'est autre chose que le poids qui serait capable d'accourcir ou d'allonger une barre prismatique formée de cette substance, et ayant l'unité de surface pour section transversale, précisément d'une quantité égale à sa longueur primitive.

Nous ajouterons que si T″ est le poids relatif à $\Omega = 1$ et $L = 1$, on aura $\frac{T''}{l} = E$, de sorte que le module d'élasticité définit aussi la raideur pour une barre ayant l'unité de surface pour section transversale et une longueur primitive égale à l'unité de longueur.

La seconde signification du mot *raideur*, concernant les cordages, sera seule envisagée dans notre travail; nous la définissons comme dans tous les traités de mécanique, et notamment dans celui de M. Résal.

Lorsque sur une poulie mobile autour de son axe, ou sur un

cylindre roulant sur un plan, passe une corde sollicitée respectivement à ses deux bras extrêmes par une résistance T et une puissance T', l'expérience prouve que, soit pendant le mouvement uniforme, soit à l'instant où le mouvement est sur le point de naître, la puissance T' est supérieure à T d'une quantité qui excède le frottement du tourillon de la poulie sur les coussinets ou la résistance au roulement du cylindre. Cette différence, quelle que soit l'explication qu'on en donne, s'appelle la *raideur* de la corde.

Ceci posé, nous définirons quelques termes relatifs aux cordages.

Les cordes en chanvre sont formées de fils élémentaires appelés *fils de caret*, réunis entre eux au moyen du *commettage* ou *toronnage*, pour former des torons. Plusieurs torons assemblés par un nouveau commettage ou *câblage*, forment une corde appelée *aussière* ou qui est dite *commise en aussière*. Des torons peuvent aussi être commis pour constituer des *cordons* qui réunis entre eux forment un *grelin simple;* plusieurs grelins simples câblés entre eux constituent un *grelin double*.

Sauf exception, chaque nouveau commettage se fait en sens inverse du précédent.

Le fil central dans un toron, ou le toron central dans une aussière et un grelin, s'appelle *âme* ou *mèche*.

Les cordes non goudronnées sont dites *blanches* ou *écrues*.

Les *câbles plats* en chanvre sont formés d'aussières cousues ensemble; elles sont en nombre pair (4, 6 ou 8), chaque paire étant formée de deux aussières câblées en sens inverse.

Les câbles en fils métalliques sont formés de fils de fer ou d'acier — clairs, recuits ou galvanisés — commis ensemble. Ils peuvent être faits en totalité de fils métalliques, mais le plus souvent les âmes des torons et des câbles sont en chanvre goudronné; il en existe également dont les torons métalliques sont recouverts de chanvre. On distingue aussi parmi eux les aussières et les grelins simples ou doubles; les mines se servent souvent de câbles plats en fils métalliques cousus avec du fil de fer.

Nous emploierons les notations suivantes :

S Intensité de la raideur en *kg*.

D Diamètre en *m* de la poulie ou du tambour, rouleau ou cylindre sur lequel s'enroule le cordage.

d Diamètre en *m* du cordage considéré.

p Poids en *kg* du *m* linéaire du même.

n Nombre de fils de caret qui le composent.

T sa Tension en kg.

Nous avons introduit ces notations et ces unités dans toutes les formules que nous citons, bien que chaque auteur ait les siennes propres. Nous avons donc modifié leurs formules en conséquence (en remplaçant même les rayons par les diamètres correspondants), mais en introduisant les facteurs numériques convenables. Toutes les formules insérées dans notre travail sont de la sorte rigoureusement comparables, mais celles des divers auteurs dont nous parlons pourront, à cause de ces modifications, sembler assez différentes de celles qui figurent dans leurs ouvrages.

PREMIÈRE PARTIE

Exposé historique. — I. Auteurs français.

a. *Cordes en chanvre.*

COULOMB ET SES PRÉDÉCESSEURS

3. — *Amontons* (né en 1663, mort en 1705), membre de l'Académie des sciences, s'est occupé le premier de la raideur des cordes, dans un mémoire inséré au volume de 1699 de ladite Académie.

Désaguilliers reprit ensuite ces expériences : il en donna les résultats dans un cours de physique.

Tous deux opéraient sur des cordes dont le diamètre ne dépassait pas 14 *mm* et la tension 29 *kg* : le plus grand diamètre des rouleaux était de 40 *mm* environ. Leurs expériences sont sans intérêt.

Charles-Augustin de Coulomb (né en 1736, mort en 1806) a traité ensuite cette question. Il fit ses expériences à Rochefort en 1779, et remporta le prix proposé par l'Académie des sciences sur les machines simples, où il s'agissait de bien apprécier les effets du frottement et de la raideur des cordes.

Nous extrayons de son mémoire, réimprimé en 1821 avec le titre *Théorie des machines simples,* les renseignements suivants.

Il se servit d'abord de la disposition imaginée par Amontons, et qu'il décrit comme suit (page 107) :

« 104. A une poutre AA′ (fig. 1 et 2) est soutenu, au moyen de deux crochets et d'une corde, un plateau BB′ chargé de gueuses de 50 livres ; le cylindre *bb′* est enveloppé par la corde comme on le voit dans la figure 2 ; l'on y voit, en même temps, un petit bassin de balance Q soutenu par une ficelle très flexible qui enveloppe le cylindre : ce bassin est chargé de poids jusqu'à ce qu'il fasse descendre le rouleau... »

« Lorsque le poids du rouleau (page 109) était considérable, on

le soutenait au moyen d'un petit contrepoids φ et d'une ficelle qui passait sur une poulie n, attachée à la poutre AA'. »

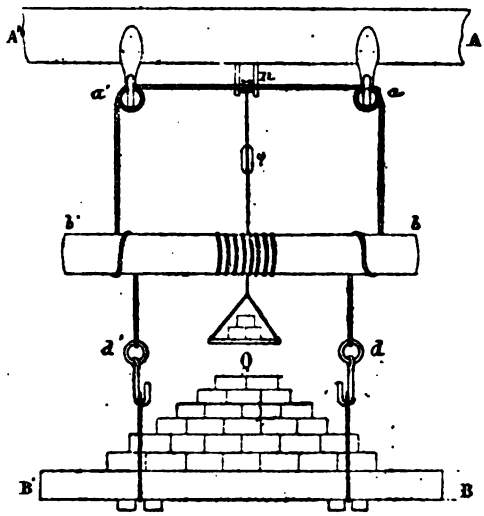


Fig. 1.

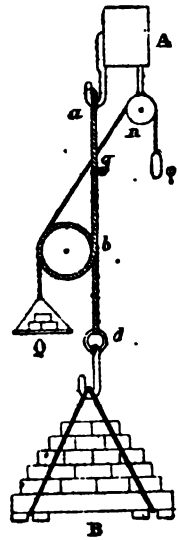


Fig. 2.

Chaque brin de la corde soutient donc la moitié de la charge : les poids du petit bassin Q ainsi que la moitié du poids du cylindre bb' (déduction faite, le cas échéant, du contrepoids φ) sont uniquement employés à plier la corde autour du cylindre qu'elle enveloppe.

Coulomb fit fabriquer pour ses expériences diverses cordes avec du chanvre de premier brin : la longueur primitive des fils de caret se trouvait réduite par les divers commettages à deux tiers environ. La circonférence extérieure et le poids de ces cordes sont reproduits dans le tableau suivant, où nous avons ajouté le nombre des torons, le diamètre, et la section calculée au moyen de la circonférence extérieure que nous appelons section brute, car elle comprend les vides compris entre les torons.

TABLEAU N° 1.

DÉSIGNATION DES CORDES	NOMBRE des torons	NOMBRE des fils par torons	NOMBRE total des fils	CIRCONFÉRENCE MESURÉE	DIAMÈTRE CALCULÉ	POIDS par MÈT. LINÉAIRE	SECTION BRUTE CALCULÉE
				m	*m*	*kg*	m^2
Cordes blanches.							
Corde n° 1. .	3	2	6	0,028.2	0,008.8	0,052.2	0,000.064
— n° 2. .	3	5	15	0,045.1	0,014.4	0,144.8	0,000.162
— n° 3. .	3	10	30	0,063.2	0,020.1	0,283.4	0,000.318
—	4	28	112	0,128.6	0,040.9	0,945.4	0,001.315
Cordes goudronnées.							
»	3	2	6	0,029.3	0,009.6	0,089.3	0,000.068
»	3	5	15	0,054.1	0,016.8	0,163.2	0,000.232
»	3	10	30	0,074.4	0,023.6	0,332.6	0,000.441

« Pour mettre ces cordes, dit Coulomb, page 109, à peu près dans le même état que celles dont nous nous servons dans la manœuvre des machines, on les plaçait dans la gorge d'une poulie : l'on y suspendait des deux côtés un poids de 200 à 250 *kg* : un homme faisait alternativement monter et descendre ce poids de 2,50 *m* à 3 *m* de hauteur, pendant une grosse heure ; lorsque la corde avait ainsi acquis une flexibilité à peu près uniforme, dans toute sa longueur, on la soumettait aux expériences qui devaient déterminer sa raideur. Cette préparation est absolument indispensable, si l'on veut éviter des irrégularités qui nous mettraient hors d'état de tirer aucun parti des expériences. »

Avec la méthode d'Amontons, Coulomb était obligé, pour des rouleaux de 0,16 *m* seulement, d'employer le contrepoids φ pour en soutenir le poids, et les expériences seraient devenues très difficiles avec des diamètres plus grands. Il a donc ensuite employé une disposition dans laquelle un cylindre était placé sur deux règles de chêne un peu espacées l'une de l'autre : « On suspendait, dit Coulomb, page 126, des deux côtés du rouleau des poids de 24 *kg* avec des ficelles très flexibles de 4,5 *mm* de tour, et dont la raideur n'était pas le trentième de celle de notre corde de 6 fils de caret ; au moyen de plusieurs ficelles distribuées sur les rouleaux et chargées chacune de 24 *kg*, l'on produisait sur les règles une pression déterminée : l'on cherchait ensuite au moyen d'un petit contrepoids, que l'on suspendait alternativement des deux côtés du rouleau, quelle était la force nécessaire pour lui donner

un mouvement continu insensible ou pour vaincre son frottement. » On obtenait ainsi la valeur du frottement du rouleau des cylindres sur des plans horizontaux pour une charge déterminée : on posait sur les mêmes cylindres les cordes à expérimenter, on les soumettait aux charges employées précédemment, et on en provoquait le mouvement avec un contrepoids dont on défalquait ce qui se rapportait au frottement pour obtenir la raideur cherchée.

Les résultats obtenus par Coulomb, réduits en mesures métriques, sont groupés dans les tableaux suivants :

TABLEAU N° 2. — *Expériences de Coulomb. — Cordes blanches.*

TENSIONS T kg	PARTIES ALIQUOTES des TENSIONS	RAIDEURS OBSERVÉES EXPRIMÉES EN KG												
		CORDE N° 1 $d = 0{,}008.8$, $n = 6$, $p = 0{,}052.2$				CORDE N° 2 $d = 0{,}014.4$, $n = 15$, $p = 0{,}144.8$				CORDE N° 3 $d = 0{,}020$, $n = 30$, $p = 0{,}283.4$				$n = 112$
		DIAMÈTRE D DES ROULEAUX EN m				DIAMÈTRE D DES ROULEAUX EN m				DIAMÈTRE D DES ROULEAUX EN m				D EN m
		0,027	0,054	0,108	0,162	0,027	0,054	0,108	0,162	0,054	0,108	0,162	0,325	0.162
(0,00)	0	(+ 0,14)	(+ 0,61)	(+ 0,95)	(— 0,05)	(+ 1,42)	(0,80)	(0,51)	(0,11)	(4,25)	(1,90)	(0,26)	(0,38)	(4,90)
6,12	1	0,98	»	»	»	3,43	1,57	0,83	»	5,38	2,45	»	»	»
12,24	2	»	»	»	»	»	»	»	0,55*	4,80*	»	»	»	»
24,48	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	9,30
30,59	5	5,38	1,96	»	»	10,77	4,41	2,45	»	10,28	4,16	»	»	»
48,95	8	»	»	»	0,73*	»	»	»	2,20*	»	»	»	1,71*	»
55,07	9	8,32	3,18	»	»	14,69	8,32	3,43	»	14,20	6,85	»	»	»
97,90	16	»	»	»	1,61*	»	»	»	4,01*	21,49*	»	6,46*	»	»
104,02	17	15,18	5,87	2,79	»	31,82	15,18	6,36	»	23,01	11,26	6 »	»	»
146,85	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3,62*	»
152,97	25	21,05	7,34	3,52	»	45,04	20,07	8,18	»	32,80	15,17	»	»	»
244,75	40	»	»	»	»	»	»	»	8,62*	»	»	»	7,05*	48,95
250,87	41	»	»	5,38	»	»	»	13,22	»	»	24,48	16,64	»	»

TABLEAU N° 3. — *Expériences de Coulomb.*

Raideurs en kg *des cordes blanches sèches et imbibées d'eau et différences entre ces raideurs.*

TENSION T kg	CORDE N° 1 : $n = 6$, $p = 0{,}052$						CORDE N° 2 : $n = 15$, $p = 0{,}144$						CORDE N° 3 : $n = 30$, $p = 0{,}283$					
	D = 0,034		Différence	D = 0,108		Différence	D = 0,034		Différence	D = 0,108		Différence	D = 0,034		Différence	D = 0,108		Différence
	sèche	mouillée		sèche	mouillée		sèche	mouillée		sèche	mouillée		sèche	mouillée		sèche	mouillée	
6,12	»	»	»	»	»	»	1,57	2,44	+ 0,87	0,83	0,98	+ 0,15	5,38	12,24	+ 6,85	2,45	4,41	+ 1,96
30,59	1,96	2,26	+ 0,24	»	»	»	4,41	5,38	+ 0,97	2,45	2,20	+ 0,25	10,28	17,13	+ 6,85	4,16	6,39	+ 2,23
55,07	3,18	3,43	+ 0,23	»	»	»	8,32	6,32	»	»	»	»	14,20	22,03	+ 7,83	6,85	8,35	+ 1,50
104,02	5,87	5,38	— 0,49	2,79	2,50	— 0,29	15,18	13,71	— 1,47	6,36	4,90	— 1,46	23,01	31,33	+ 8,32	11,26	12,76	+ 1,50
152,97	7,34	6,85	— 0,49	4,41	3,18	— 1,23	20,07	18,60	— 1,47	8,18	7,34	— 0,84	32,80	40,14	+ 7,34	15,17	17,16	+ 1,99
250,87	»	»	»	»	»	»	»	»	»	13,22	11,26	— 1,96	»	»	»	24,48	27,12	+ 2,64

Le tableau n° 2 donne en *kg* les raideurs des cordes; les chiffres obtenus par le roulement d'un cylindre sont distingués des autres par un astérisque.

Le tableau n° 3 est relatif aux cordages trempés dans l'eau pendant 5 ou 6 heures. Nous avons inscrit en regard de leur raideur celle des cordages secs et calculé les différences produites par l'imbibition, qui sont intéressantes à noter. Pour les cordes de 6 et 15 fils de caret, les différences sont d'abord positives, puis négatives; il semble que pour de faibles tensions la corde soit gonflée et notablement plus raide; — puis que l'eau excédante soit expulsée et que la corde soit alors comme lubrifiée et rendue plus souple. Pour les cordes de 30 fils de caret la raideur est toujours augmentée d'une quantité à peu près constante, mais les tensions de la corde n'ont pas été poussées aussi loin, eu égard à leur constitution et leur résistance, que pour les cordes précédentes.

Le tableau n° 4 se rapporte aux cordes goudronnées. Les expériences sont peu nombreuses. De vieilles cordes goudronnées ont donné les mêmes raideurs que les neuves.

TABLEAU N° 4. — *Expériences de Coulomb.*

Raideur en kg *des cordes goudronnées obtenues par la méthode d'Amontons.*

TENSIONS T	$d = 0{,}009.6$, $n = 6$		$d = 0{,}046.8$ $n = 15$	$d = 0{,}023.6$, $n = 30$		
kg	D = 0,054	D = 0,108	D = 0,108	D = 0,054	D = 0,108	D = 0,162
(0,00)	(0,05)	(0,01)	(0,06)	»	(0,12)	»
6,12	0,67	0,15	1,22	10,28	3,92	»
146,85	7,71	3,52	»	»	»	»
244,75	»	»	14,69	»	31,82	20,56

L'application pratique des résultats qui précèdent est ensuite indiquée par Coulomb : il observe au préalable que, malgré tous les soins qu'il a pu prendre pour rendre les expériences exactes, elles ne sont pas parfaitement régulières; qu'elles suffisent cependant pour conclure que les raideurs sont à peu près en raison directe des tensions et en raison inverse du diamètre des rouleaux, comme l'ont trouvé, dit-il, Amontons et Désaguilliers. « Mais elles ne sont pas, ainsi que l'ont montré ces deux auteurs, en rai-

son directe du diamètre des cordes; car si l'on compare nos trois cordes pliées autour d'un rouleau de 0,108 *m* et tendues par un poids de 152,97 *kg*, on trouvera pour la force qui plie les cordes :

Corde n° 1.	3,52 *kg*
Corde n° 2.	8,18
Corde n° 3.	15,17

» Nous avons ici même rouleau et même tension; *ainsi, en supposant en pareil cas que les forces qui plient les cordes sont comme une puissance* m *de leur diamètre*, nous aurons, comparant n° 1 avec n° 3 :

$$15{,}17 : 3{,}52 :: (0{,}0200)^m : (0{,}0088)^m,$$

d'où $m = 1{,}8$

en comparant n° 1 avec n° 2 : $m = 1{,}7$

en comparant n° 2 avec n° 3 : $m = 1{,}8$

» Il résulte de ces trois expériences (p. 111) et généralement de toutes celles comprises dans notre table, que les raideurs sont très approchant comme le carré des diamètres des cordes ; il paraît cependant que la valeur de cette quantité *m* n'est pas la même dans toutes les espèces de cordes : elle dépend pour les cordes d'une même fabrique de l'usé et du plus ou moins de flexibilité de la corde ; mais, quoiqu'elle diminue à mesure que les cordes s'usent, je ne l'ai jamais trouvée au-dessous du nombre 1,4. »

Il est bien certain qu'Amontons et Désaguilliers se sont trompés; mais il est malheureux que Coulomb ait cru devoir les combattre au moyen de la détermination de l'exposant *m* dont il ne démontre pas la nécessité, puisqu'il en fait l'objet d'une simple supposition qui vient compliquer les formules, en les rendant à peu près inapplicables, et qui donne lieu aux objections dont il sera parlé plus loin.

Les raideurs comprises dans une même colonne verticale du tableau n° 2 peuvent être représentées par l'expression $A + BT$, où A et B sont des coefficients numériques faciles à trouver. Nous avons calculé les valeurs de A pour toutes les séries d'expériences des tableaux n^{os} 2 et 4, en les inscrivant entre parenthèses en face d'une tension supposée nulle.

Rien n'est donc plus simple que de trouver la raideur pour une valeur quelconque de T, *s'il s'agit des cordes considérées*. Quand le diamètre *d* de la corde varie, « la formule qui représentera, dit Coulomb (p. 114), les forces nécessaires pour plier les cordes sera

assez exactement exprimée par $\frac{d^m}{D}(a + bT)$, où a et b sont deux quantités constantes que l'expérience détermine pour des cordes d'une même nature...; m est égale à 1,7 pour les cordes neuves et à 1,4 pour les cordes vieilles. »

« Si nous voulons déterminer, continue-t-il, les quantités a et b d'après les expériences et les observations de cet article, où la corde de 30 fils de caret, dont le diamètre est à peu près 9 lignes, se plie sur un rouleau de 24 lignes de diamètre, nous aurons :

$$\frac{d^m}{D} \times a = \frac{9^{1,7}}{24} \times a = 8,7 \text{ liv.} \quad \frac{d^m b}{D} 100 \text{ liv.} = \frac{9^{1,7}}{24} 100 \text{ liv.} = 9,3 \text{ liv.}$$

d'où l'on tirera facilement a et b. »

Notre auteur termine là ses explications; il ne poursuit pas la recherche des coefficients a et b et ne donne même pas leurs valeurs numériques. La réduction de ces relations en mesures métriques donne :

$$\frac{\overline{0,02}^{1,7}}{0,054} \times a = 4,23 \quad \text{et} \quad \frac{\overline{0,02}^{1,7}}{0,054} b = 0,187.$$

Quant aux cordes goudronnées, il indique, art. 116, p. 123, que les raideurs sont proportionnelles au nombre de fils de caret qui entrent dans la corde.

En ce qui concerne les applications des expériences faites, le mémoire laisse à désirer; mais ce qui importe, ce sont les bonnes expériences, la recherche des formules est chose secondaire.

« La figure 3, dit Coulomb (art. 121, p. 131), représente une partie

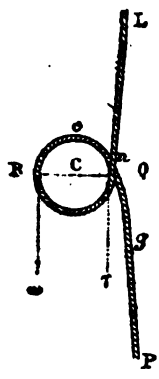


Fig. 3.

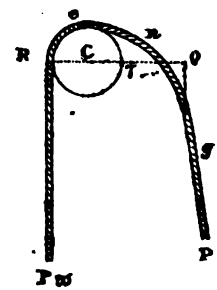


Fig. 4.

de l'appareil d'Amontons, la corde QP soutient la charge P, en ϖ est le poids qui plie la corde autour du rouleau, la raideur de la corde

fait prendre a sa partie inférieure *une courbure en g excentrique* au cercle de la section du rouleau; mais la partie supérieure *n*L de la corde qui se déroule, reprenant son état naturel, n'oppose point de résistance, en sorte que la *partie supérieure de la corde est verticale et tangente au rouleau...* »

« Dans la figure 4, où la corde soutient des poids des deux côtés d'un rouleau ou d'une poulie, comme dans les expériences de la seconde méthode, si le poids P + ϖ entraine le poids P d'un mouvement insensible uniforme, le côté de la corde qui soutient le poids P *prendra la courbure en g*, la même sous le degré de tension que dans la figure 3; du côté P + ϖ, la corde se dépliera sans effort et *sera tangente à la poulie.* »

Nous avons cité textuellement ces remarques de Coulomb et reproduit sans aucun changement les deux figures qui s'y rapportent. L'écartement des cordes y est indiqué avec exagération, mais il n'est pas parlé dans le mémoire d'observations destinées à le mesurer.

Coulomb donne ensuite la théorie de la raideur des cordes telle qu'il la comprend, dans l'article **148** (p. **161**) que nous croyons devoir reproduire en entier :

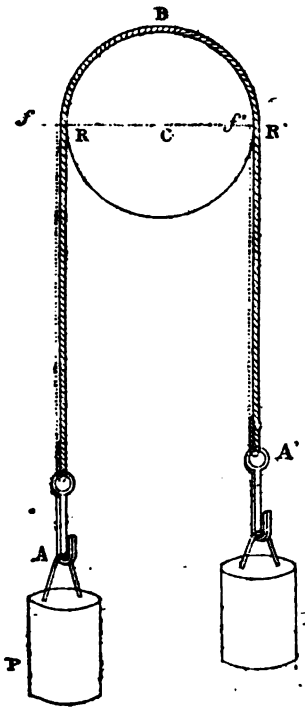


Fig. 5.

« **148.** — Une corde ARBR'A' (fig. 5) étant placée sur une poulie et chargée d'un poids à chacune de ses extrémités, si l'on suppose que ce soit le poids P' qui entraine le poids P, la corde, opposant par sa raideur une résistance aux forces qui la plient, prendra à peu près la forme qu'elle a dans la figure; si, par le centre de gravité de chaque poids, l'on fait passer les verticales P*f*, P'*f'* qui rencontre le diamètre horizontal RR' de la poulie en *f* et en *f'*, le poids P qui monte agira avec le bras de levier C*f* et le poids P' qui descend avec le bras de levier C*f'*; en sorte que, dans le cas où le poids P' commence seulement à entraîner le poids P, l'on aura dans le cas d'équilibre :

$$P(CR+Rf)=P'(CR'-R'f')$$

d'où $(P-P')CR = P\times Rf+P'\times R'f'$;

lorsqu'une fois les poids seront en mouvement, la quantité (P' — P)

qui sera donnée par cette formule sera exacte si la corde n'a aucune élasticité; car, si la corde était parfaitement élastique, à mesure que la partie RA de la corde se plierait sur la poulie et que la partie de la corde BR′ se déplierait, la quantité de ressorts tendus du côté où le poids se lève, serait la même que celle qui se détendrait du côté du poids qui descend; ainsi, si la corde était parfaitement élastique, c'est-à-dire si tous les éléments tendaient à se rétablir avec la même mesure d'action qu'il faut employer pour les plier, la raideur de la corde n'aurait plus aucune influence dans le mouvement du système; en sorte que si les deux poids P et P′ étaient égaux et que l'on imprimât un mouvement primitif, la hauteur dont un des poids s'élèverait étant égale à celle dont l'autre poids P′ descendrait, la force vive serait constante comme elle l'est dans tout assemblage de corps liés par des ressorts ou par des leviers flexibles et élastiques. »

« Mais cela n'arrive pas ainsi, parce que les cordes n'ont qu'une élasticité très imparfaite; et, s'il faut employer une certaine force pour les plier, elles restent ensuite dans la situation où cette force les a mises; veut-on les redresser, il faut une nouvelle action dans le sens contraire; cette seconde force, nécessaire pour remettre la corde dans son premier état, est en général beaucoup moindre que celle qu'il a fallu pour la plier; elle augmente un peu, suivant que le temps depuis lequel la corde est pliée a été plus long; mais quand même nous la supposerions nulle, ce qui, dans le mouvement des poulies, approche peut-être de la vérité, toujours est-il certain que, puisqu'il n'y a aucune traction, la force vive employée à plier la corde est perdue pour l'agent qui fait monter le poids: ainsi cette force sera déterminée par :

$$P' - P = \frac{P \times Rf + P' \times R'f'}{CR}$$

et dans le cas de $R'f' = 0$ par :

$$P' - P = \frac{P \times Rf}{CR};$$

par nos expériences, nous trouvons $P' - P$, dans les grosses cordes neuves, proportionnel au carré des diamètres de la corde; dans les cordes demi-usées, nous le trouvons proportionnel à la puissance $\frac{3}{2}$ du diamètre; et dans les cordes très petites et très flexibles, MM. Amontons et Desaguilliers l'ont trouvé proportionnel au simple diamètre. »

Enfin, Coulomb a noté l'influence des incurvations répétées sur la raideur. « De quelque manière qu'on agisse, dit-il (p. 124), et de quelque procédé qu'on se serve, si, les cordes étant chargées, on relève le rouleau (de l'appareil d'Amontons) en le tournant à force de bras et qu'on le laisse retomber tout de suite, la raideur de la corde sera souvent d'un *tiers* plus petite que dans nos expériences. Ce résultat a lieu avec les cordes blanches comme avec les goudronnées, avec les vieilles comme avec les neuves. Il est seulement plus sensible avec les grosses cordes et avec les neuves qu'avec les petites, avec les petits rouleaux qu'avec les gros; mais, si on laisse le rouleau remonté quelque temps en repos, sans l'obliger à redescendre, on trouvera que la raideur de la corde augmente sensiblement et qu'elle ne parvient à sa limite, telle que nous l'avons trouvée dans nos expériences, qu'après un repos de cinq ou six minutes. »

Tel est le résumé du travail de Coulomb : nous avons cherché à le faire d'une manière aussi exacte et aussi concise que possible, sans omettre rien d'important. Nous nous réservons de l'examiner en détail; mais il nous paraît convenable, avant d'aller plus loin, de donner l'expression analytique de la raideur d'après ses idées et pour les deux méthodes qu'il a employées. Reprenons pour cela la figure 5 en la modifiant légèrement, de manière à faire passer la direction des cordes par les verticales A f et A′ f' en dehors de la partie déviée. Nous obtiendrons la figure 6, où le mouvement a lieu de A en A′. Soient R et R′ les extrémités du diamètre horizon-

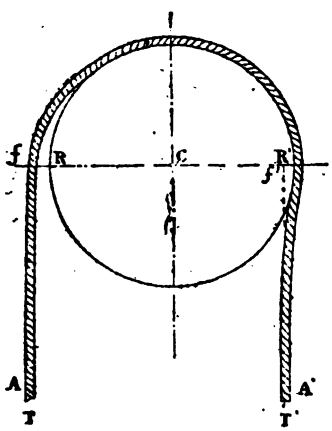


Fig. 6.

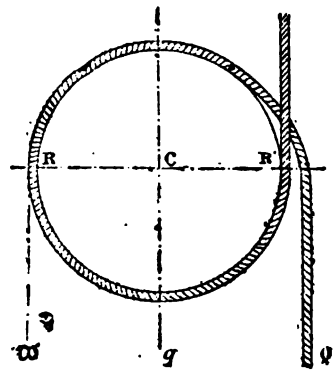


Fig. 7.

tal du tambour; appelons e le déplacement fR et e' celui f' R′, et

comme d'habitude T et T′ la tension en A et A′, nous aurons lorsque T′ commence à entraîner T :

$$T\left(\frac{1}{2}(D+d)+e\right)=T'\left(\frac{1}{2}(D+d)-e'\right),$$

d'où :
$$T'-T=S=\frac{2(e+e')}{D+d-2e'}T, \qquad (1)$$

pour $e'=0$, on aura :
$$S=\frac{2e}{D+d}T. \qquad (2)$$

Si nous passons à la disposition d'Amontons *(Fig. 7)*, où Q sera le poids placé sur le plateau inférieur, ϖ celui du petit bassin placé de manière que son bras de levier soit $\frac{1}{2}(D+d)$. q le poids du rouleau, nous aurons en prenant les moments par rapport au plan qui passe par l'axe des brins reliés aux crochets supérieurs :

$$Qe=q\left(\frac{D+d}{2}\right)+\varpi(D+d),$$

d'où

$$\varpi+\frac{1}{2}q=\frac{e}{D+d}Q.$$

Comme le dit Coulomb, $\varpi+\frac{1}{2}q$ est la moitié de la raideur correspondante à la charge Q du plateau inférieur; mais la tension T de chaque brin est $\frac{1}{2}Q$, de sorte que l'on peut écrire :

$$S=\varpi+\frac{1}{2}q=\frac{2e}{D+d}T, \qquad (3)$$

ce qui montre que $\varpi+\frac{1}{2}q$ représente aussi la raideur relative à la tension effective de chacun des deux brins pris individuellement.

AUTEURS POSTÉRIEURS A COULOMB

4. — Le baron Riche *de Prony*, Ingénieur des Ponts et Chaussées (né en 1755, mort en 1839), s'occupa de la raideur des cordes dans son *Architecture hydraulique* (1790) et ses *Leçons de mécanique* (1810). Il reproduisit presque textuellement les considérations et les résultats de Coulomb, mais en les convertissant, dans son second

ouvrage, en mesures métriques. Nous le mentionnons uniquement parce que c'est encore lui qui est cité par les auteurs allemands, concurremment avec Coulomb.

Ajoutons ici que la formule déduite des indications de Coulomb, d'après les *Notes et formules* de M. de Laharpe (1887) et l'*Aide-mémoire* de M. Huguenin (1887), serait $S = \frac{d^m}{D}(4.90 + 0.106\ T)$, en y faisant $m = 1{,}70$ pour les cordes neuves et 1,40 pour les vieilles. Les coefficients n'en sont pas exacts; si l'on effectue les calculs indiqués page 8, on trouve que pour un tambour de 0,054, on a $a = 177$, $b = 7{,}75$. Si on les fait pour $D = 0{,}108$, on obtient $a = 159$, $b = 7{,}54$. Ces valeurs de a et b, qui s'éloignent peu les unes des autres, sont bien différentes de celles ci-dessus. De plus, si l'on suppose toujours $d = 0{,}020$, on aura pour les diverses puissances de d

$$d^{1.4} = 0{,}004\,182,\quad d^{1.7} = 0{,}001\,293,\quad d^2 = 0{,}000\,400.$$

De sorte que, toutes choses égales, d'ailleurs, la raideur des vieilles cordes serait trois fois plus forte que celle des neuves, au lieu de lui être inférieure. Le passage des anciennes mesures aux nouvelles exige, en effet, une interprétation spéciale de la formule primitive, au sujet de cet exposant 1,40.

On suit souvent en France la méthode de *Navier*, Ingénieur des Ponts et Chaussées (né en 1785, mort en 1836). Il publia en 1819 une édition nouvelle de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor, où il s'occupa de la raideur d'après Coulomb. Il prit immédiatement la question comme il convient de le faire, en calculant les raideurs pour un diamètre de 1 *m* : il en déduisit le tableau n° 5.

TABLEAU N° 5.

INDICATION DES CORDES	DIAMÈTRE *d* DES CORDES	POIDS *p* DES CORDES par *m* de long^r	RAIDEUR CONSTANTE $= d^m a$	RAIDEUR PAR *kg* DE CHARGE
	m	*kg*	*kg*	*kg*
Corde blanche . . $n = 30.$	0,020.0	0,283.4	0,222.460	0,009.738
— . . 15.	0,014.4	0,144.8	0,063.514	0,005.518
— . . 6.	0,008.8	0,052.2	0,010.604	0,002.380
Corde goudronnée . $n = 30.$	0,023.6	0,332.6	0,349.6	0,012.551.4
— . 15.	0,016.8	0,163.2	0,105.928	0,006.059.2
— . 6.	0,009.6	0,069.3	0,021.208	0,002.596.8

Pour les cordes neuves, il conseille de s'en tenir au carré du diamètre de la corde blanche, en écartant les puissances fractionnaires ; pour celles goudronnées, les raideurs seraient toujours proportionnelles au nombre des fils de caret.

Comme les plus grosses cordes considérées dans le tableau ont des diamètres de 0,020 et de 0,024, et que certainement jamais constructeur ne perdra son temps à calculer la raideur de cordes plus faibles, il s'ensuit qu'on peut se limiter à considérer deux seules raideurs, savoir :

Cordes blanches $d = 0{,}020$ $\qquad S = \frac{1}{D}(0{,}222 + 0{,}009\,7\,T)$; (4)

Cordes goudronnées de 30 fils de caret $S = \frac{1}{D}(0{,}350 + 0{,}012\,55\,T)$. (5)

Pour les cordes d'un diamètre d non moindre de 0,020 ou d'un nombre n de fils de caret plus grand que 30, on étend ces expressions de la manière suivante, en posant les relations déduites des tableaux n° 1 et n° 5 :

Cordes blanches, $\qquad \frac{d^2}{(0{,}02)^2} = \frac{n}{30} = \frac{p}{0{,}283}$; (6)

Cordes goudronnées, $\frac{n}{30} = \frac{d^2}{(0{,}0236)^2} = \frac{p}{0{,}333}$. (7)

On pourra donc avoir la raideur en fonction de l'une des trois quantités d, n, p en multipliant les expressions (4) et (5) par l'un de ces rapports. On obtient ainsi les formules suivantes pour les cordes de 30 fils de caret et plus :

TABLEAU N° 6.

EXPRESSION de la RAIDEUR EN FONCTION DU	CORDES BLANCHES	CORDES GOUDRONNÉES
Diamètre d de la corde.	$\frac{d^2}{D}$ (556 + 24,37 T)	$\frac{d^2}{D}$ (326 + 22,54 T)
Nombre n de fils de caret.	$\frac{n}{D}$ (0,007.4 + 0,000.325 T)	$\frac{n}{D}$ (0,011.65 + 0,000.418 T)
Poids p par mèt. linéaire.	$\frac{p}{D}$ (0,785 + 0,034.4 T)	$\frac{p}{D}$ (1,05 + 0,037.6 T)

Les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1843 (mars et avril) contiennent une description des plans inclinés de Liège, où se trouve une application des formules de Navier pour le calcul des machines fixes destinées à remorquer les trains au moyen d'un câble en chanvre goudronné. Cette application est extraite des calculs de M. *Maus*, Ingénieur desdits plans inclinés.

Le câble avait 0,05 *m* de diamètre, 0,15 de circonférence environ et pesait 2,5 *kg* le mètre courant; il était enroulé quatre fois sur deux grandes poulies de 4,80 *m* de diamètre et soumis à une tension estimée à 1 494 *kg*.

M. Maus prend l'expression $\frac{1}{D}(0{,}35 + 0{,}012\,55\ T)$ pour la corde goudronnée de 30 fils de caret et la multiplie par le rapport $\frac{2{,}50}{0{,}33}$ entre les deux poids par mètre linéaire. Voici ses opérations (p. 156).

Raideur du câble, poulies motrices :

Résistance constante	$\frac{2{,}50}{0{,}33} \times \frac{0{,}35}{4{,}80} =$	0,55
Résistance variable	$\frac{2{,}50}{0{,}33} \times \frac{0{,}012\,55}{4{,}80} \times 1\,494 =$	29,88
Résistance pour un demi-tour		30,43
Résistance pour 8 demi-tours		243 » *kg*

« Il faut remarquer, ajoute-t-il, que d'après une expérience de Coulomb, rapportée dans la *Mécanique* de Dupin, quand la corde doit passer sur deux poulies rapprochées et tournant rapidement, ce qui est ici le cas, la résistance due à la raideur est diminuée d'un tiers; nous porterons donc cette résistance à 162 *kg*. »

M. Maus poursuit ses calculs en appliquant ce mode de procéder, à la fois simple et pratique, à chaque poulie de renvoi ou autre : il arrive à un total de 296 *kg*, ce qui, avec la vitesse de 5,56 *m* par seconde, donne environ 1 640 *kgm*, soit 22 chevaux-vapeur.

L'effet total calculé pour la machine étant de 100, l'effet utile de 75, les résistances passives sont de 25 0/0, dont 10,6 pour la raideur seule.

Le général *Morin* a repris la question pour la traiter dans ses *Aide-mémoire* et l'a examinée avec le soin minutieux qu'il avait l'habitude de mettre dans ses propres expériences et calculs.

Il remarque d'abord (voir les *Notions fondamentales de Mécanique*,

3e édition, 1860, p. 317) qu'on peut déterminer l'égalité entre la raideur S et la quantité $(\varpi + \frac{1}{2} q)$ relative à l'appareil d'Amontons d'une manière fort simple, au moyen du théorème du travail et sans mentionner l'écartement e. Dans le mouvement lent du cylindre, la charge totale Q des cordes restant fixe, si le poids ϖ parcourt un espace l, il est facile de se rendre compte que le cylindre se déplacera verticalement d'une quantité $\frac{1}{2} l$, ainsi que la raideur de chacun des deux brins, raideur dont on cherche à évaluer le travail; on pourra donc écrire :

$$\varpi\, l + \frac{1}{2} ql = 2\,\mathrm{S} \times \frac{1}{2} l,$$

d'où :

$$\mathrm{S} = \varpi + \frac{1}{2} q.$$

La formule de Coulomb et de Navier, mise sous la forme :

$$\mathrm{S} = \frac{ad^m + bd^m\,\mathrm{T}}{\mathrm{D}},$$

suggère au général Morin les réflexions suivantes (p. 325) : l'exposant m est variable suivant l'état de la corde, et pourtant si $d = 1$, la valeur de la raideur devient indépendante de cette quantité; de plus, il reprend dans le tableau de Navier les expressions suivantes :

$d = 0{,}020$	$ad^m = 0{,}222\,460$	$bd^m = 0{,}009\,738$
$d = 0{,}014\,4$	$ad^m = 0{,}063\,514$	$bd^m = 0{,}005\,518$
$d = 0{,}008\,8$	$ad^m = 0{,}010\,604$	$bd^m = 0{,}002\,380,$

il déduit des trois valeurs de ad^m les moyennes :

$$m = 3{,}75 \qquad a = 531\,286,$$

et des valeurs de bd^m les autres moyennes :

$$m = 1{,}717 \qquad b = 8{,}052.$$

Il en conclut que l'exposant m n'est pas le même pour les deux termes de la raideur et qu'il faut renoncer aux indications de Navier.

Toutes ces objections, qui visent uniquement Navier, atteignent surtout Coulomb et sa supposition d'un exposant fractionnaire, qu'il convient par suite d'abandonner définitivement.

Il lui a semblé naturel d'exprimer la raideur, non pas en fonc-

tion du diamètre, mais en se basant sur le nombre de fils de caret pour les cordes blanches, comme pour celles goudronnées, et en adoptant les rapports déjà indiqués entre les quantités d, n et p.

Il arrive aux deux formules suivantes :

Cordes blanches :

$$S = \frac{n}{D}(0{,}000\,297 + 0{,}000\,245\,n + 0{,}000\,363\,T),$$

Cordes goudronnées :

$$S = \frac{n}{D}(0{,}001\,457\,5 + 0{,}000\,346\,n + 0{,}000\,418\,T).$$

A l'imitation de Navier, il donne un tableau des raideurs de cordes enroulées sur un tambour de 1 m de diamètre pour les cordes blanches ou goudronnées de 6 à 60 fils de caret : la valeur des termes constants est donnée avec six décimales, celle des coefficients de P avec neuf décimales.

Comme exemple de la théorie actuellement enseignée en France, nous citerons de nouveau le *Traité de Mécanique générale* de M. *Résal* (t. III, Paris 1875), où se trouve reproduite la théorie de Coulomb avec les formules suivantes :

$$S = \frac{2e}{D+d}T = \frac{A+BT}{D+d},$$

d'où :

$$e = \frac{A+BT}{2T}.$$

Les valeurs de A et B sont données par le tableau de Navier, en ajoutant que A est à peu près proportionnel à la quatrième puissance du diamètre de la corde et B à la seconde, selon les calculs du général Morin, que nous venons de citer.

Il est ensuite recommandé d'augmenter de la quantité e le bras de levier de la résistance, dans les questions relatives aux poulies ou aux treuils.

M. *Flamant*, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et à l'École Centrale, qui a publié une mécanique générale (Paris, 1888), nous paraît être le seul qui n'ait pas mentionné l'écartement e et qui se soit borné à dire que la raideur est exprimée par la formule $S = \frac{A+BT}{D}$,

dans laquelle A et B sont des coefficiens numériques dépendant de la nature et de la grosseur de la corde.

b. Câbles métalliques.

EXPÉRIENCES DE M. MURGUE

5. — Jusqu'à la publication des expériences de M. *Daniel Murgue*, Ingénieur des houillères de Bessèges, dans le cahier de novembre 1887 des *Annales des Ponts et Chaussées*, aucune indication n'existait dans les ouvrages français sur la raideur des câbles en fils de fer ou d'acier.

Les auteurs allemands seuls avaient donné des formules dont nous parlerons ci-après.

Les expériences de M. Murgue ont été faites en employant des câbles devant servir ou ayant déjà servi, sous des charges variant de 200 à 800 *kg*, et avec un tambour d'enroulement de 1 *m* de diamètre, car il admet la proportionnalité en raison inverse des diamètres, pour les câbles en fil de fer comme pour les cordes en chanvre.

« Deux premières tentatives, faites en novembre 1886 et en mars 1887, nous dit M. Murgue, n'ont donné, malgré tous nos soins, que des résultats irréguliers et discordants. Il serait sans intérêt de les rapporter ici, puisqu'elles n'ont abouti qu'à des échecs répétés : elles ont eu, cependant, pour nous, cette conséquence importante de nous rappeler à l'observation stricte de cette règle de toute recherche expérimentale, qu'une grandeur ne peut être déterminée qu'à la condition d'être isolée et ne nécessite aucune correction.

» En mécanique comme en chimie, les dosages par différence doivent être évités. Cette leçon sévère nous a ramenés aux dispositions expérimentales adoptées par Amontons et par Coulomb... »

Ce dernier se plaignait de ne pouvoir opérer avec ces dispositions sur des rouleaux de plus de 6 pouces (0,162 *m*) qu'il faisait descendre avec des poids suspendus à une ficelle flexible. M. Murgue, grâce aux appareils modernes, a pu employer un tambour de 1 *m*, comme nous venons de le dire : la petite corde a été enroulée au-dessous du tambour, de manière à exercer son action de bas en haut, soit pour élever le tambour, soit pour ralentir sa descente. Cette petite corde, après avoir quitté le tambour, passe sur une poulie A et supporte à son extrémité inférieure un plateau

relié lui-même à un indicateur de Watt, système Richard. Cette poulie A était suspendue à une moufle dont le brin libre s'enroulait sur un petit treuil relié à la transmission générale de l'atelier. Une seconde moufle conduisait le tambour enregistreur de l'indicateur. On pouvait à volonté monter ou descendre avec une vitesse très uniforme et très lente de 0,040 *m* par seconde.

M. Murgue donne dans un tableau les résultats de ses expériences qui comprennent 3 aussières en fil de fer de 6 torons de 4,7 et 8 fils et 2 aussières en fil d'acier de 6 torons de 5 et 8 fils, provenant toutes des câbleries de Châtillon et de Commentry.

Sauf pour un vieux câble, ses expériences sont exprimées par l'expression A + BT, où A et B sont des coefficients numériques spéciaux à chaque câble.

« Nos expériences sont trop peu nombreuses, dit, en terminant, M. Murgue, page 647, pour permettre d'en dégager l'action du câble, du diamètre du fil, de la torsion, de la rouille, en un mot des nombreux paramètres qui exercent leur part d'influence sur une grandeur aussi complexe que la résistance à l'incurvation... Nous ne donnerons donc les résultats précédents que comme de simples chiffres à consulter qui peuvent avoir leur utilité dans de nombreuses circonstances... L'observation la plus intéressante est celle faite sur un bout de câble d'acier de 30 fils qui, sans avoir jamais travaillé, avait fait en magasin un très long séjour. Craignant que la rouille légère qui recouvrait les fils, n'ait nui à sa souplesse, nous lui avons fait subir un bain de soixante heures dans l'huile ; soumis de nouveau à l'expérience, les deux constantes se sont trouvées diminuées dans le rapport de 3 à 2... »

Ajoutons qu'en 1848 Weisbach, Ingénieur allemand, avait déjà constaté ce fait sur lequel nous reviendrons.

II. — **Auteurs anglais.**

RANKINE

6. Pour nous rendre compte des idées des auteurs anglais sur la raideur des cordes (stiffness of ropes), nous n'avions rien de mieux à faire que de recourir à la traduction de la *Mécanique appliquée* de *Rankine*, par M. *Vialay*. Nous y avons trouvé ce qui suit, page 722 :

« On éprouve de la résistance quand on veut courber un cordage

et quand, une fois qu'il est courbé, on veut le redresser. Cette résistance provient du frottement mutuel des fils : elle croît avec l'aire de la section transversale du cordage et est en raison inverse du rayon de courbure qu'on veut produire. »

« Le *travail perdu* pour tendre une longueur donnée de cordage sur une poulie s'obtient en multipliant la longueur du cordage en m par sa raideur en kg ; cette raideur est l'excès de la tension du brin qui mène, sur celle du brin qui est mené, lequel excès est nécessaire pour faire prendre au cordage la courbure de la poulie, puis pour le redresser de nouveau. »

Rankine donne ensuite en mesures anglaises les formules empiriques que le général Morin a déduites des expériences de Coulomb: mais, chose à noter, sans parler en rien du nombre n de fils de caret, disant seulement qu'il faut calculer la valeur de la lettre n des formules au moyen des diamètres des cordes et avec les formules suivantes, ramenées par les dénominateurs des seconds membres au système métrique

$$n = \frac{48}{0{,}0254^2} d^2 = 75\,000\, d^2 \text{ — (cordes blanches)}$$

$$n = \frac{35}{0{,}0254^2} d^2 = 54\,300\, d^2 \text{ — (cordes goudronnées).}$$

Elles sont équivalentes à celles de notre paragraphe 4.

Remarquons, en outre, que Rankine ne mentionne pas l'écartement e à l'entrée du cordage sur la poulie.

III. — Auteurs allemands.

Eytelwein et Weisbach

7. — *Eytelwein* (né en 1764, à Francfort, mort vers 1840) est cité par les auteurs allemands comme s'étant occupé, ainsi que Coulomb, de la raideur des cordes, mais sans qu'ils donnent aucun détail sur les expériences qui l'auraient conduit pour les cordes en chanvre à l'expression suivante :

$$S = 37{,}2 \frac{d^2}{D} T. \qquad (8)$$

Weisbach a fait des expériences qui sont relatées dans le journal de Bornemann, Bruckmann et Roting (vol. I, 1848, Freyberg). Nous n'avons pu nous procurer le mémoire original, mais nous trouvons

les renseignements suivants dans une traduction italienne, faite par M. Sacheri, *de la Mécanique des constructions et des machines* du même auteur, revue par Herrmann (Turin, 1880).

Avant de parler de ses expériences, Weisbach rappelle celles de Coulomb (art. 201) ; il donne ensuite les formules qui en avaient été tirées par Prony, savoir :

$$\text{Cordes neuves : } S = \frac{d^{1.7}}{D}(170.4 + 7{,}56\,T),$$

$$\text{Cordes usées : } S = \frac{d^{1.4}}{D}(27{,}48 + 1{,}210\,T).$$

D'après les indications de la page 12, la première de ces formules correspond bien aux résultats de Coulomb : nous n'avons pas cherché à nous rendre compte comment la seconde a été obtenue, mais on ne doit pas s'étonner que les coefficients en soient tout différents.

« *Comme les formules, même les plus compliquées*, ajoute Weisbach, *ne donnent pas toujours la concordance désirée avec les résultats des expériences*, nous pouvons poser avec Eytelwein, jusqu'à ce que nous puissions nous baser sur de nouvelles expériences :

$$S = 37{,}2\,\frac{d^2}{D}\,T.$$

» *Cette formule doit être employée seulement pour des tensions plutôt grandes, telles qu'elles se présentent en général dans la pratique ; et dans ce cas elle donne des résultats d'une approximation suffisante.* La raideur des cordes goudronnées a été trouvée plus grande d'un sixième environ de celle des cordes blanches, et les cordes mouillées d'un douzième de plus que les sèches. »

Weisbach mentionne les formules du général Morin, mais sans donner aucun avis sur leur emploi.

Il donne deux exemples de raideur pour $D = 0{,}08$ et $d = 0{,}02\ m$; il trouve pour $T = 200\ kg$ ou $T = 60\ kg$; que la formule de Prony donnerait $S = 13{,}75\ kg$ ou $S = 5{,}3$; et celle d'Eytelwein $S = 18{,}60\ kg$ ou $S = 5{,}58$.

Les deux valeurs correspondent mieux pour 60 que pour 200 *kg*. Mais, ajoute-t-il, « *ces deux exemples suffisent pour faire voir combien les formules donnent peu de sûreté.* »

Weisbach passe ensuite à ses propres expériences dans l'article 203. L'appareil qu'il emploie n'est autre que le second employé

par Coulomb, un peu modifié ; il consistait en un tambour sur lequel s'enroulait la corde soumise à l'expérience : deux roues en fer étaient fixées à son axe et pouvaient se mouvoir sur des surfaces horizontales. On tendait la corde au moyen de poids, et l'on ajoutait à une extrémité la charge supplémentaire nécessaire pour que le système tournât lentement.

Pour rendre les épreuves aussi indépendantes que possible des imperfections de l'appareil, on ajoutait à l'autre extrémité autant de poids qu'il était nécessaire pour que le mouvement ait lieu dans la direction opposée à la première. La moyenne arithmétique des poids, déduction faite du frottement de rotation, indiquait la résistance due à la raideur.

« Le coefficient de frottement de roulement, dit Weisbach, pour ce cas particulier, se trouvait de la même manière, en plaçant, au lieu de la corde, un écheveau de fil dont *la raideur pouvait être négligée en toute sûreté (?).*

» La résistance des cordes pliées sur les poulies dépendait, selon l'auteur, *non pas tant de la raideur que du frottement des divers torons ou fils de fer* qui, par le fait de l'incurvation de la corde sur la poulie, doivent naturellement changer leur position respective. En infléchissant un câble en fil de fer autour d'une poulie, la première partie de cette résistance est éliminée, parce que le câble, par sa propre élasticité, dépense en se redressant exactement autant de travail qu'il en a consommé pour se courber sur la poulie. *La résistance due à la raideur dépend donc, dans ce cas, du frottement seul des divers fils entre eux : les expériences de l'auteur démontrent qu'il en est ainsi, et que dans les deux cordes lubrifiées ou goudronnées de frais, cette résistance est de 40 0/0 moindre que dans la corde sèche.* »

» Dans la corde de chanvre, les choses procèdent un peu différemment pour la raison suivante : ces cordes perdent, *surtout après un long usage*, presque entièrement leur élasticité, et les torons et fils de caret dont elles sont composées *non seulement exigent une certaine force pour se plier, mais elles en demandent une autre encore pour se redresser de nouveau.* »

Les résultats donnés par Weisbach sont les suivants et de la forme $A + B\frac{T}{D}$.

1° Chanvre goudronné :

$$d = 0{,}042 ; \quad D = 1{,}25 \text{ à } 1{,}90 ; \quad S = 1{,}5 + 0{,}011\,30\,\frac{T}{D} ; \quad (9)$$

2° Chanvre blanc :

$$d = 0{,}020\,;\ D = 0{,}55\,;\ S = 0{,}086 + 0{,}003\,28\,\frac{T}{D}\,; \quad (10)$$

3° Câble en fil de fer composé de 16 fils de 0,003 25 de diamètre pesant 1,02 *kg* le mètre linéaire :

$$d = 0{,}017\,4\,;\ D = 1{,}25 \text{ à } 1{,}80\,;\ S = 0{,}49 + 0{,}0\,\frac{T}{D}\,; (11)$$

4° Câble en fil de fer goudronné de frais composé de 4 torons de 4 fils de 0,002 6 pesant 1 *kg* le mètre courant avec âmes chanvre au centre du câble et des torons :

$$d = 0{,}015\,15\,;\ D = 0{,}55\,;\ S = 0{,}57 + 0{,}001\,388\,\frac{T}{D}\,; \ (12)$$

Dans l'article 205, Weisbach expose la *théorie de la poulie fixe*, et revient sur la raideur des cordes. Il estime « que la raideur se manifeste quand la corde en s'enroulant ne prend pas immédiatement la courbure de la circonférence de la poulie, et quand, en abandonnant la poulie, elle ne se redresse pas immédiatement... Entre les câbles métalliques élastiques et les cordes en chanvre non élastiques, la différence consiste en ce que les premières abandonnent plus vite la circonférence et se redressent beaucoup plus facilement que les secondes ».

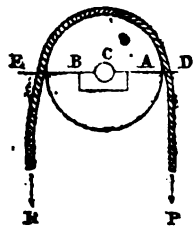


Fig. 8.

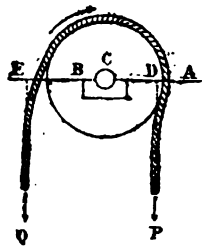


Fig. 9.

« Le bras de levier CD de la puissance est dans le premier cas, figure 8, un peu plus grand, et dans le second, figure 9, un peu plus petit que le rayon CA de la poulie : au contraire, le bras CE de la résistance est dans les deux cas plus grand que le rayon de la poulie. »

Ces explications élucident complètement la citation précédemment faite de l'article 203; nous appelons l'attention du lecteur sur la théorie qui en résulte et qui n'est autre que celle de Coulomb :

nous l'examinerons en détail dans la seconde partie de ce travail. Toutefois, nous signalerons tout de suite les étranges raisonnements de Weisbach; car il donne les formules de Prony et de Morin déduites des expériences de Coulomb, et comme elles ne fournissent pas toujours, dit-il, la concordance désirée avec les résultats des expériences, il en préconise une autre, celle d'Eytelwein, sans rien dire des expériences sur lesquelles elle se base, sans même indiquer si elles sont préférables et si elles concordent plus exactement avec cette formule ; comme les applications des formules de Prony et d'Eytelwein conduisent à des résultats disparates, cela fait voir, d'après lui, combien les formules donnent peu de sûreté! Il y a, cependant, autre chose à faire que de constater des différences, il faut chercher à discerner le faux du vrai ou de ce qui s'en rapproche le plus, et c'est ce que nous nous efforcerons de faire plus loin. En outre, Weisbach fait des expériences, et il ne pense pas à les contrôler au moyen de cette formule d'Eytelwein qu'il vante tant, et que les formulaires allemands recommandent dans les termes mêmes qu'il emploie, comme on peut le vérifier dans l'*Aide-mémoire* de la Société de la Hütte, traduit par M. Huguenin et publié en 1887.

En introduisant dans les quatre expressions précédentes de (9) à (12) les diamètres d et en supposant que les raideurs sont proportionnelles aux carrés de ces diamètres, on obtient les formules suivantes que nous utiliserons tout à l'heure et qui sont, ne l'oublions pas, la généralisation d'expériences relatives à un seul cordage.

Corde goudronnée :

$$S = \left(850 + 6{,}5\frac{T}{D}\right) d^2. \qquad (13)$$

Corde blanche :

$$S = \left(216 + 8{,}2\frac{T}{D}\right) d^2. \qquad (14)$$

Câble en fer :

$$S = \left(1\,660 + 15{,}4\frac{T}{D}\right) d^2. \qquad (15)$$

Cable en fer goudronné de frais avec âme en chanvre :

$$S = \left(2\,455 + 6\frac{T}{D}\right) d^2. \qquad (16)$$

REDTENBACHER

8. — *Redtenbacher*, professeur à Carlsruhe, a publié un ouvrage intitulé : *Principes de la construction des organes des machines*, qui a été traduit en français, en 1872. Il y note que les expériences de Coulomb sur la raideur des cordes en chanvre sont de beaucoup plus exactes que celles d'Eytelwein et qu'elles conduisent à admettre comme relation approximative la formule :

$$S = 26 \frac{d^2}{D} T \qquad (17)$$

« L'exactitude de cette formule peut certainement être contestée, dit-il, page 311, et il est bien évident qu'on ne doit en tout cas l'appliquer qu'à des cordes qui se trouvent dans un état moyen de conservation....; il ne saurait être question de calculer exactement cette raideur, et ce calcul exact fût-il possible, n'aurait aucune utilité, car il est bien évident qu'avant d'employer une corde, on ne pouvait pas s'astreindre à toutes les expériences nécessaires pour fournir les éléments de ce calcul. »

Mais, objecterons-nous à ces réflexions, ne peut-on pas en faire de toutes semblables pour la plupart des formules employées dans la pratique des travaux ? Ce qu'on demande à ces mêmes formules est de s'approcher autant que possible de la vérité et de donner des résultats dont l'approximation puisse être estimée.

Cette remarque faite, il convient de noter d'abord que Redtenbacher reconnaît l'exactitude plus grande des expériences de Coulomb.

Ensuite il faut applaudir à l'idée d'une formule monôme, même pour représenter les résultats de Coulomb, dans le cas où cela serait possible sans que l'exactitude en soit sacrifiée. Le monôme (17) provient évidemment de la simplification des deux formules données dans le tableau n° 6, page 478, savoir :

$$\text{Corde blanche :} \quad \frac{d^2}{D}\left(556 + 24{,}37\,T\right),$$

$$\text{Corde goudronnée :} \quad \frac{d^2}{D}\left(626 + 22{,}54\,T\right).$$

Il est naturel de chercher à s'affranchir du terme constant en forçant le coefficient numérique de T : c'est ce qui a été fait par le choix du chiffre 26; mais il donne une moyenne entre les cordes blanches et goudronnées, ce qui n'est pas acceptable, et nous au-

rons à lui faire une autre critique relativement à la variable qu'il a choisie.

Pour les *câbles métalliques*, continue Redtenbacher, *de quelques expériences* on peut conclure que la résistance due à la raideur peut être approximativement représentée par

$$S = 58 \frac{d^2}{D} T.$$

Il passe ensuite à la *détermination théorique de la raideur des câbles*.

« Si on imagine, dit-il, que la matière qui constitue un câble soit uniformément répartie dans son intérieur (*hypothèse à peu près vraie* pour un câble en chanvre, *moins exacte* pour un câble métallique), on peut considérer ce câble *comme une tige élastique*, et la raideur sera alors déterminée par la force nécessaire pour courber sur la surface du tambour le câble primitivement droit. »

Il déduit des formules générales de l'élasticité, le travail absorbé par l'incurvation d'une tige sur un axe de cercle de diamètre D, lequel a pour expression $\frac{2\,EI\,l}{D^2}$ où E représente le module d'élasticité de la matière.

l La longueur de la partie courbée de la corde.

I Le moment d'inertie de la section de la tige.

Si S est la résistance à la raideur qui agit sur la longueur l, le travail qu'elle produit sera S l, d'où l'on tire :

$$S = \frac{2\,EI}{D^2}. \qquad (17)$$

Pour un câble cylindrique de diamètre d, si on admet la répartition uniforme de matière, on aura :

$$I = \frac{\pi\, d^4}{64}, \qquad S = E \frac{\pi\, d^4}{32\, D^2}.$$

Pour un câble plat présentant les dimensions a et b, on aura :

$$I = \frac{ab^3}{12}, \qquad S = L \frac{ab^3}{6\, D^2}.$$

Ces résultats sont complètement différents des règles empiriques déduites des expériences faites par Coulomb ou même par Eytelwein, car la raideur serait alors indépendante de la tension du câble.

« Cette divergence entre la théorie et les formules empiriques,

poursuit Redtenbacher, semble indiquer que l'hypothèse sur laquelle est fondée notre théorie, c. a. d. l'assimilation d'un câble à une tige élastique homogène, n'est pas entièrement conforme à la nature des choses ; toutefois, *il peut se faire que les formules empiriques soient inexactes ;* ainsi, par exemple, rien ne prouve que la raideur soit réellement proportionnelle à la tension du câble. Des expériences plus précises permettront seules de déterminer par la suite, si la théorie se rapproche plus ou moins de la vérité que les formules empiriques. »

Cette théorie, tout insoutenable qu'elle est, sera néanmoins examinée dans la seconde partie de notre travail.

Dans un autre ouvrage du même auteur, intitulé : *Résultats scientifiques et pratiques destinés à la construction des machines*, dont la 2me édition française a été publiée en 1874 avec notes et additions du docteur Grashof, successeur de Redtenbacher à l'École polytechnique de Carlsruhe, il n'est pas fait mention de la formule d'Eytelwein pour le chanvre $\left(37{,}2\ \frac{d^2}{D}\ T\right)$, ni de celle $\left(58\ \frac{d^2}{D}\ T\right)$ pour le fil de fer.

A la formule dite de Coulomb $\left(26\ \frac{d^2}{D}\ T\right)$ on ajoute deux autres (page 118) déduites des expériences de Weisbach, soit :

$$\text{Pour le chanvre } S = \left(540 + \frac{7{,}5T}{D}\right) d^2, \qquad (19)$$

$$\text{Pour le fil de fer } S = \left(2\,030 + \frac{10.9}{D}\ T\right) d^2. \qquad (20)$$

La formule (19) donne, comme nous le verrons plus loin, des chiffres notablement plus faibles que ceux de la formule de Coulomb, indiquée deux lignes auparavant : il semble que l'auteur aurait dû faire un choix entre les deux, ou bien avertir le lecteur, en lui expliquant pourquoi il s'en abstenait, et cela d'autant plus que Redtenbacher avait reconnu dans le précédent ouvrage la plus grande exactitude des expériences de Coulomb ; mais aucun avis n'est donné à ce sujet.

Les coefficients de la formule (19) ne sont que des moyennes entre ceux des expressions (13) et (14) de la page 488, quoiqu'il s'agisse de deux cordes différentes, l'une blanche, l'autre goudronnée ; il en est de même pour la formule (20), bien que l'un des câbles soit lubrifié avec âme en chanvre et l'autre à l'état naturel et sans âme en chanvre.

9 — *M. G. Herrmann*, professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-Chapelle, dont il a été déjà parlé comme ayant revu la mécanique de Weisbach, a publié une *Statistique graphique des mécanismes* traduite par MM. Schmitz et Castin (Paris, 1882). Il adopte, bien entendu, les idées de Weisbach, mais en considérant seulement les cordes en chanvre où il y aurait écartement et reploiement de la corde.

Il fait observer que chaque fibre de la moitié extérieure de la corde infléchie est soumise en dehors de la tension T à une tension élastique proportionnelle à la distance des fibres à la couche neutre. Les fibres de la moitié intérieure subissent des compressions toutes semblables.

Pour les cordes solides comme les poutres soumises à une flexion, on prescrit de prendre les tensions égales aux compressions ; mais dans le cas présent, dit Herrmann, *il n'est pas indispensable d'adopter cette règle.* La modification à introduire dans cette règle n'est pas indiquée ; elle est simplement affirmée, afin que les trois forces tension T, traction et compression, s'écartent de l'axe de la corde et produisent l'écartement et le reploiement qui sont supposés égaux.

M. Herrmann adopte la formule d'Eytelwein $S = 37{,}2\,\frac{d^2}{D}\,T$. Il fait $e = e'$ et pose $T\left(\frac{1}{2}D + e\right) = T'\left(\frac{1}{2}D - e\right)$, d'où : $T' = \frac{D + 2e}{D - 2e}\,T$; il simplifie cette expression en écrivant $T' = \left(1 + \frac{4e}{D}\right)T$, d'où :

$$T' - T = S = \frac{4e}{D}\,T.$$

Rapprochant les deux valeurs de S, il obtient :

$$e = e'\,37{,}2\,\frac{d^2}{4} = 9.3d^2.$$

Il fait remarquer que l'on peut écrire $e = \frac{1}{26.8} + \frac{d}{2} \times \frac{d}{2}$, de sorte que e est une quatrième proportionnelle par rapport à trois quantités connexes et peut se construire géométriquement.

M. Herrmann ne parle pas de la raideur des câbles métalliques, ce qui lui est d'ailleurs interdit, puisque les deux écartements s indiqués par Weisbach s'annulent dans la formule de S qui ne contiendrait alors qu'un terme relatif au frottement des fils les uns contre les autres, terme dont il ne fait aucune mention.

SECONDE PARTIE

Examen critique des théories actuelles de la raideur. Recherche d'une théorie rationnelle.

Examen de la théorie de Coulomb, Weisbach et Herrmann

10. — Nous avons vu que Coulomb, en faisant ses expériences avec l'appareil d'Amontons, avait observé que la corde à son entrée sur le rouleau s'en écartait d'une certaine quantité, mais qu'elle en sortait tangentiellement.

Lorsqu'il écrivait son mémoire en 1779, on résolvait la plupart des questions de mécanique par la statique, de sorte qu'en constatant que la puissance était plus grande que la résistance dans le mouvement d'une corde passée sur une poulie sans qu'aucune force extérieure fût intervenue, il était amené à en conclure que le bras de levier de la résistance devait être plus grand que celui de la puissance. Coulomb a même ajouté, en se tenant dans le même ordre d'idées, mais sans donner de raison spéciale ni parler d'observation d'un tel fait, que le bras de levier de la puissance était réduit par un reploiement de la corde.

Weisbach adoptant les idées de Coulomb, va encore plus loin : il prétend que les cordes de chanvre, *surtout après un long usage*, perdent presque entièrement leur élasticité et qu'elles présentent cet écartement et ce reploiement, car elles demandent une certaine force pour se redresser de nouveau.

Enfin, Herrmann donne pour calculer ces quantités que nous avons appelées e et e', la formule $e = e' = 9.\,3\,d^2$, de sorte que ces deux mêmes quantités seraient indépendantes de la tension et du diamètre du tambour.

Quant aux câbles métalliques dont Coulomb ne s'est pas occupé puisqu'ils n'existaient pas de son temps, Weisbach constatant dans ses expériences des écartements e et e'' de chaque côté de la poulie généralise cette observation, en ajoutant toutefois qu'il faut aussi tenir compte d'un frottement F entre les fils et torons. La formule qui en résulte pour la raideur contient un terme multiplié par $(e - e'')$: comme il estime que e et e'' sont sensiblement égaux, ce

terme s'annule et il arrive à avoir S = F : la raideur n'est plus qu'un frottement, et il voit une preuve qu'il en est ainsi, dans ce fait que les cordes lubrifiées présentent une raideur de 40 0 0 moindre que les cordes sèches.

Examinons ces théories.

Si l'on considère les installations mécaniques actuelles telles que puits d'extraction ou manœuvres importantes de chantier avec treuils et poulies de diamètre convenable, on ne constate aucun écartement ou reploiement dans les cordages qui sont rigoureusement tangents aux arcs qu'ils enroulent, de sorte que ces théories s'évanouissent.

Nous ne voulons pas dire pour cela que des écartements ou reploiements n'aient pas été observés par les auteurs dont nous parlons, mais nous pensons qu'ils se trouvaient alors dans des conditions toutes spéciales et qu'ils ne devaient pas généraliser ce qui s'applique à des cas particuliers et surtout à de faibles diamètres. Coulomb, à ce sujet, doit être mis hors de cause, car de son temps, les petits tambours et les faibles charges étaient la règle générale, mais on ne comprend guère les modernes qui ont eu sous les yeux de tout autres exemples.

Nous pensons n'être contredit par aucun Ingénieur, mais il faut reconnaître que nous n'opposons à la théorie qu'une simple affirmation et qu'une preuve décisive consisterait à citer des expériences montrant dans quelles conditions se réalisent ou non ces déplacements de direction dans les cordages.

Nous avons eu la bonne fortune de trouver dans un cahier des charges du service des constructions navales de 1887 des épreuves de souplesse que nous allons utiliser; elles se rapportent à une fourniture d'aussières en fil d'acier trempé et zingué définies dans le tableau ci-après :

TABLEAU N° 7

NUMÉROS D'ORDRE	CIRCONFÉRENCE APPROXIMATIVE	NOMBRE de TORONS	NOMBRE DE FILS par TORONS	NOMBRE TOTAL de FILS	NUMÉROS des FILS	DIAMÈTRE des FILS	DIAMÈTRE extérieur du CABLE	POIDS approximatif par mètre courant	CHARGE minima de rupture
	mm					*mm*	*mm*	*kg*	*kg*
1	27	6	6	36	5	1	9	0,270	3 200
2	62	6	18	108	8	1,2	19,8	1,400	15 400
3	76	6	18	108	11	1,6	24,3	2,100	24 100

« Pour mesurer la souplesse des aussières, disait le cahier des charges, on confectionnera pour chacune d'elles une sorte d'anneau en prenant un bout de 1,70 *m* de longueur et réunissant les deux extrémités par un amarrage à la portugaise de 0,20 *m* de longueur. Cet anneau sera passé sur deux cosses de 0,165 *m* de diamètre, reliées l'une à un point fixe, l'autre à un plateau. On chargera le plateau avec des poids jusqu'à ce que les deux brins verticaux de l'aussière, compris entre les cosses, deviennent parallèles à un millimètre près. Dans ces conditions, la charge employée plateau compris, ne devra pas dépasser :

140 *kg*	pour les aussières de	27 *mm*	de circonférence,
800 *kg*	—	62 *mm*	—
1 100 *kg*	—	76 *mm*	—

» Il sera fait deux essais de souplesse pour chaque calibre d'aussière. »

Comme éclaircissement à ce qui précède, disons qu'une *cosse* est définie comme suit dans le langage maritime : « Anneau de fer plat qui, recourbé sur les bords, présente une cannelure propre à recevoir et à maintenir un cordage dont on l'entoure ».

Le non-parallélisme des brins verticaux se rapporte à l'existence des écartements observés par Weisbach ; il est évident que pour des cosses et des charges plus petites que celles prescrites, cet auteur aura raison ; mais il est également certain que ce non-parallélisme diminuera au fur et à mesure, 1° que le diamètre des cosses augmentera à partir de 0,165, soit sept fois seulement le diamètre de l'aussière la plus grosse ; 2° que les charges seront supérieures à celles prescrites de 5 0/0 environ du poids de rupture. Lorsque, par exemple, le rapport entre le diamètre du câble et celui des cosses oscillera entre 50 et 100, avec une charge de 10 à 20 0/0 et plus de celle de rupture, nul doute que le parallélisme existera et qu'il ne sera constaté aucun écartement, même lorsque le système ne sera plus en repos et que les cosses étant remplacées par des poulies, on lui imprimera un mouvement lent.

On pourrait faire des expériences semblables sur des cordes en chanvre, vieilles ou neuves et quels que soient les écartements ou reploiements initiaux arriver à un parallélisme parfait des deux brins à l'état de repos ou de mouvement.

Il est donc démontré pour nous que ces situations des cordages par rapport aux poulies sont des phénomènes spéciaux ayant avec la raideur un rapport accidentel.

Trouver une preuve de la réduction de la raideur à un simple frottement pour les câbles métalliques, comme le fait Weisbach, dans une diminution de 40 0/0 à la suite d'une lubrifaction abondante, ce n'est pas bien raisonner, car il y a encore 60 0/0 pour le frottement restant et le terme qui en est indépendant. Il ne parle pas d'un tel frottement pour les cordes en chanvre, pourquoi en seraient-elles dépourvues?

La charge stipulée ci-dessus pour les épreuves des aussières métalliques, en se décomposant suivant chacun des brins, donne lieu à un couple dont le moment est employé à donner au câble l'incurvation de la cosse. Ce moment répond ainsi à une partie du travail occasionné par la raideur, laquelle ne se réduit donc pas à un frottement.

Théorie de Redtenbacher

11. — Nous nous arrêterons peu sur la théorie de Redtenbacher. On s'étonne de voir un tel auteur admettre l'hypothèse d'une matière uniformément répartie dans l'intérieur d'un câble — *à peu près vraie*, ajoute-t-il, *pour un câble en chanvre*, — *moins exacte pour un câble métallique*.

La vérité est qu'on pourrait à la rigueur considérer comme *presque* homogène, un toron qui, étant neuf et bien comprimé, présente un aspect compact, mais jamais trois ou quatre torons commis ensemble ne pourront être envisagés comme présentant la solidarité existante dans un corps dont la matière est uniformément répartie. Quant au câble métallique, une telle hypothèse est une grossière erreur, car chaque fil métallique résiste et travaille pour son propre compte.

Redtenbacher trouve naturel d'arriver à une formule où n'entre pas la tension, et remet à l'avenir de faire le choix entre sa théorie et celle de Coulomb.

N'est-on pas amené, malgré soi, à propos de ce qui précède et des assertions de Weisbach et d'Herrmann, à faire cette réflexion qu'il est bien étrange de voir des auteurs sérieux, à qui nous sommes loin de refuser du mérite et que nous discutons précisément à cause de cela, accepter sans hésitation des conséquences qui constituent une démonstration par l'absurde de l'erreur de leurs théories, et qui devraient les avertir de la fausse route qu'ils ont prise.

ALTÉRATION ET ENTRETIEN DES CORDAGES EN SERVICE

12. — Les théories émises jusqu'ici étant donc à rejeter, nous avons cherché à nous expliquer la raideur d'une manière rationnelle. Nous avons eu recours à l'observation attentive des phénomènes qui ont lieu en pareil cas et qui sont décélés par la manière dont s'usent les câbles soumis à des efforts parmi lesquels se trouve la raideur et par les soins qu'on recommande d'apporter à leur entretien.

Les câbles en textiles, employés dans la marine pour palans, grues, etc., ne fournissent pas d'indication nette : ils ont à subir beaucoup de frottements et s'usent presque toujours par leur surface extérieure.

Les chefs de chantier et les fabricants de cordages ont observé que les cordes très usées par des emplois industriels, en outre de l'usure à la surface, sont réduites à l'intérieur en une sorte de farine. Un exemple de ce fait se trouve à propos du câble du ballon captif de l'Exposition de 1878 dans une brochure de M. Millasseau sur la fabrication des cordages. « Enroulé, dit-il, page 61, sur un tambour de très grand diamètre, ce cordage (formé de quatre torons et d'une âme) venait passer sur une poulie de 1 *m* de diamètre avant de s'attacher à la nacelle. M. Giffard s'étant aperçu que le câble s'était allongé outre mesure, en fit couper un bout près du ballon et constata avec stupéfaction que l'intérieur du câble était réduit en poussière : *les torons en se pliant pour épouser la forme de la poulie avaient fini par s'user l'un contre l'autre.* On refit un câble dont l'âme était suifée, et le même phénomène ne se reproduisit plus. »

Ajoutons que si l'enduit de l'âme a pu empêcher la réduction des torons en poussière, il n'a cependant pas fait cesser le frottement qui produisait un tel effet.

On sait, d'ailleurs, que le travail de traction et d'enroulement auquel est soumis le câble d'un ballon captif, altère sa résistance d'une manière lente et continue, même en l'absence de toute détérioration intérieure.

Les deux applications les plus importantes des câbles métalliques concernent les chemins de fer funiculaires et les puits des mines.

Dans les funiculaires, le câble est sollicité par une tension et par des efforts de raideur, sur de grandes poulies ou tambours, comme aussi sur certaines poulies-guides destinées à lui impose

des changements de direction en plan et en élévation ; il subit aussi beaucoup de frottement sur d'autres petites poulies destinées à le supporter dans les parties rectilignes, tout en le guidant dans celles en courbe. Ces petites poulies sont souvent brutes de fonte, aussi l'usure de ces câbles a-t-elle lieu surtout à la surface, et, soit par suite de ces frottements seuls, soit pour d'autres causes qui viennent s'y adjoindre, les fils extérieurs des câbles ne tardent pas à se rompre en petits fragments. On est donc obligé de former les torons de deux rangs de fils, en outre de l'âme, et de marcher pendant quelque temps avec des câbles réduits ou à peu près aux seuls rangs intérieurs, ce qui est possible parce qu'il a été constaté que la résistance des fils intérieurs est faiblement altérée.

M. Alphonse Vautier dit, dans son étude sur les chemins de fer funiculaires « que la simple observation de l'usure extérieure d'un câble suffit pour dénoncer le moment où il convient de le remplacer. »

« On a constaté en effet, ajoute-t-il, en détordant des câbles usagés, que les fils intérieurs s'usent très peu ; *ils se polissent les uns contre les autres*, surtout entre torons, mais l'usure de beaucoup la plus importante a lieu à l'extérieur du câble, où il est facile de la constater et même de la mesurer pour se rendre compte de la diminution de section métallique. »

» Le département fédéral des chemins de fer (de la Suisse) indique, dans sa circulaire de février 1885, que la tension maxima du câble, y compris la fatigue sur les poulies, ne doit pas excéder le quart de la charge de rupture, *en tenant compte de la diminution de section par l'usure.* »

L'entretien des câbles de funiculaires est fait en vue de les préserver de l'oxydation et de protéger leur surface. D'après M. Vautier, les câbles des funiculaires du Lausanne-Ouchy et du Territet-Glion, sont revêtus d'un mélange de goudron de Norwège, d'huile et de colophane qui a donné de bons résultats. Cet enduit devrait être renouvelé dès que le câble paraît blanc.

Le rapport, rédigé par M. Aguillon, actuellement ingénieur en chef des mines, au nom de la Commission chargée par le ministère des Travaux publics, le 31 mai 1878, d'étudier la question concernant la rupture des câbles de mines et publié en 1881, porte que les plus grandes précautions sont prises dans les mines pour éviter toute détérioration de la surface des câbles métalliques ; les molettes sont garnies en bois, et surtout elles ont un grand diamètre

qu'on porte maintenant jusqu'à 4 et 5 *m*, les tambours ou bobines n'ayant jamais un diamètre d'enroulement moindre que la molette. Aussi la surface de ces câbles peut se conserver intacte, et le rapport recommande dans ses conclusions de ne pas se fier à une bonne apparence, mais de suivre la marche progressive de la fatigue des câbles par des expériences directes sur les fils isolés ou, si possible, sur des bouts de câble, ces fils ou ces bouts étant obtenus en coupant, tous les deux ou trois mois, la patte ou attache du câble.

Les altérations intérieures peuvent être définies par l'extrait suivant (page 25) relatif à des expériences faites par M. Peslin, ingénieur en chef des mines, sur des fils de Franche-Comté, n° 14 (2,2 *mm* de diamètre), provenant d'un câble plat mis hors de service par suite d'usure.

« Les fils neufs avec lesquels ces fils usés ont été comparés, ont une résistance moyenne de 277 *kg* par fil ou de 73 *kg* par millimètre carré, compris entre un maximum de 290 *kg* et un minimum de 265. M. Peslin a essayé 20 fils retirés du vieux câble : leur résistance moyenne a été de 152 *kg* avec un maximum de 185 et un minimum de 80 *kg* par fil. Ces fils étaient complètement ovalisés et *avaient une section presque rectangulaire*, trop irrégulière pour qu'il ait été possible d'évaluer assez exactement leur résistance par millimètre carré. »

» En tout cas, si ces expériences ne sont pas concluantes en ce qui concerne la variation de la résistance par millimètre carré, il en ressort toujours que la résistance moyenne par fil, et par suite la résistance du câble, dans les deux états des fils, est réduite dans l'énorme proportion de $\frac{277 - 152}{277}$ ou de 45 0/0. En outre, tandis que pour les fils neufs la différence entre le plus ou le moins résistant (290 et 265) n'est que de 13 0/0 de la résistance moyenne, dans le câble usé, la différence entre les fils le plus et le moins résistant est de 73 0/0 de la résistance moyenne des vieux fils. »

» Aucune expérience n'a pu être faite sur l'allongement et la flexibilité de ces fils usés de câbles plats : *quand on voulait les redresser, ils se rompaient*. Sans doute ce fait tient en partie au cisaillement dû au fil de la couture, cisaillement qui rend les vieux fils comme *dentelés*. Mais l'état auquel ces fils sont ainsi amenés montre bien que ces fils ne sont plus dans les mêmes conditions qu'à l'état neuf pour supporter les divers efforts auxquels ils peuvent être soumis. »

Au sujet de l'entretien des câbles de mine, nous trouvons dans ce même rapport (p. 100) les indications suivantes :

« Il suffit de suifer régulièrement les câbles en chanvre et, pour les câbles en aloès, de les tenir constamment humectés.

» Les câbles métalliques, et les câbles en acier particulièrement, doivent être graissés très régulièrement, à intervalles assez rapprochés pour que l'oxydation ne puisse jamais les attaquer. La graisse employée doit être assez fluide pour pénétrer dans l'intérieur du câble *jusqu'aux âmes en chanvre*, et assez consistante pour rester à l'extérieur. Un mélange d'huile et de graisse bien brassé, appliqué à chaud à la brosse sur tout le câble, répond très bien à ce desideratum. Il importe d'employer des huiles et des graisses *neutres*. »

Il est donc démontré que l'incurvation d'un câble de nature quelconque produit : 1° des efforts moléculaires qui mettent en jeu l'élasticité de la matière dont il est composé : pour les atténuer, les grands diamètres d'enroulement sont conseillés ; 2° des frottements mutuels entre les fils ou torons, pouvant occasionner leur usure, laquelle est combattue, autant que les circonstances le permettent, par un graissage.

La théorie va nous confirmer ces conclusions.

Indications données par la théorie de l'élasticité

13. — Supposons d'abord pour plus de simplicité que le cordage infléchi soit composé de fils *métalliques* parallèles entre eux, comme ceux des câbles habituels des ponts suspendus, qui sont réunis par des ligatures n'ayant aucune influence sur leur résistance.

Chaque fil sera soumis à une fraction de la tension résultant de la charge à faire mouvoir, et chacune de ses fibres par suite de l'incurvation des fils sur le tambour sera l'objet d'un effort spécial appelé tension d'incurvation, dont la valeur maxima $E\frac{\delta}{D}$ est d'un usage continuel dans le calcul des câbles. La puissance et la résistance du système, combinées avec ses forces moléculaires, se composeront de manière à produire des résultantes normales à la surface du tambour, qui presseront les fils les uns contre les autres, ainsi que leur ensemble contre le tambour, avec une intensité qui dépendra de leur propre intensité et du diamètre du tambour. En outre, si nous considérons les deux fils voisins ABCD et ABEF de

la figure 10, dont les deux arêtes en contact sont représentées par la ligne AB, nous voyons que celle supérieure s'est raccourcie de AA″ et l'inférieure allongée de AA′ : de là, le frottement des deux fils l'un contre l'autre qui aura lieu précisément sous l'influence des pressions dont nous venons de parler.

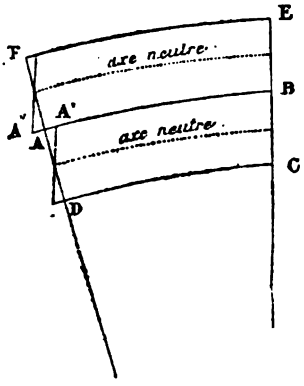


Fig. 10.

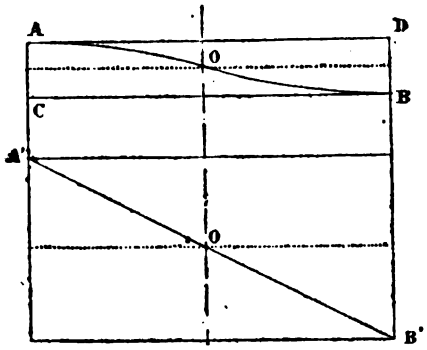


Fig. 11.

Ainsi se trouve expliqué simplement ce qui se passe dans l'incurvation d'un système de fils *parallèles*, et démontré aussi que celle d'un écheveau n'est pas négligeable, comme le pensait Weisbach. Nous devons maintenant soumettre les fils à un commettage qui forme un toron.

Ce commettage est une opération consistant à enrouler les fils tangentiellement les uns aux autres suivant des hélices autour d'un axe commun, de sorte que si l'on suppose un toron enveloppé d'une surface cylindrique, la trace de l'arête extérieure d'un des fils AB qui le composent, sur cette surface une fois développée, sera une ligne droite A′B′, comme il est indiqué sur la figure 11. Dans le cas où le toron métallique est bien fait, cette trace correspond à une génératrice du fil qui n'a subi aucune fausse torsion, mais un simple enroulement héliçoïdal.

Par suite de l'inclinaison que prennent les fils par rapport à l'axe du toron, les efforts de tension longitudinale et d'incurvation dont nous venons de parler devront être affectés de coefficients à déterminer dans chaque cas particulier. On peut admettre toutefois que, pour un élément infinitésimal d'un fil, la tension d'incurvation peut être calculée sans erreur sensible par la formule habituelle : il n'en serait pas de même pour la tension longitudinale. Au fur et à mesure que la corde avancera sur le tambour, cette tension dans

un même fil changera d'intensité et de signe, en passant par zéro dans l'intervalle d'une demi-hélice. Il en résultera des effets de serpentement tout particuliers, mais qui seront avantageux à la résistance du câble à cause de leur faible durée. Ajoutons que le commettage développe des efforts intérieurs spéciaux, mais qui n'influent pas sur la raideur.

Les torons dans une aussière, les cordons dans les grelins se comporteront d'une manière analogue aux fils dans les torons. La tension d'incurvation et le frottement de chaque fil seront en rapport avec la composition du cordage : Il se développera en outre des frottements spéciaux entre les torons ou cordons.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que des cordes métalliques. Dans celles en textiles, les phénomènes sont moins nets ; les fils de caret ne sont pas homogènes, car ils sont formés de fibres végétales enroulées les unes sur les autres suivant des hélices ; en outre, ces fibres, ainsi que les fils de caret et les torons, sont soumises, dans la fabrication, à des pressions très fortes, de façon à constituer une masse compacte, bien que n'étant pas homogène. Néanmoins, l'expérience nous a montré que, dans ces cordes, il se produit comme dans les câbles métalliques, des altérations de résistance et des frottements mutuels entre les torons. Ce que l'on a dit des uns s'applique donc aux autres, sinon dans les détails, au moins dans l'ensemble des phénomènes.

La théorie de l'élasticité peut aussi nous donner des éclaircissements sur les épreuves de souplesse dont nous avons parlé. Dans un corps infléchi, on a en effet la relation $\rho = E\frac{I}{\mu}$, où ρ sera le rayon de courbure de l'axe neutre de la corde, μ le moment de la force infléchissante, I le moment d'inertie de l'ensemble calculé en tenant compte de sa complication et non point comme si la corde était un corps homogène. Le rayon de courbure ρ peut être pris sans erreur sensible égal à $\frac{1}{2}$ D, car le diamètre de la corde est toujours très faible par rapport à celui du tambour, et le moment infléchissant n'est autre que celui d'une force S′ provenant de la charge d'épreuve et formant un couple dont le bras de levier est D ; on écrira donc $\mu = \frac{2EI}{D} = S'D$. Par conséquent, si D est faible, S′ et par suite le poids d'épreuve devront être grands ; si ce poids est trop faible, on aura $S'D < \mu$, la corde devra s'écarter

du tambour de manière à augmenter le bras de levier du couple, mais si l'on augmente à la fois le diamètre D et le poids d'épreuve, on finira par avoir $S'D \geqq \frac{2EI}{D}$ et la corde s'appliquera sur toute l'étendue du tambour comprise entre les deux points de tangence correspondant à ses deux directions extrêmes.

La raideur n'est donc pas caractérisée par un écartement qui n'est qu'un fait accidentel ; ce n'est pas un phénomène localisé à l'entrée du câble sur la poulie et à sa sortie, elle existe dès son introduction dans la poulie et persiste sans changement jusqu'à sa sortie. Le travail qui lui correspond pour une incurvation sur un axe de longueur a, sera donc Sa.

Le Dr Grashof, dans la deuxième édition des ***Résultats pour la construction de machines*** de Redtenbacher, a indiqué que, dans le cas d'un câble s'enroulant sur un tambour, on peut prendre pour l'effort à appliquer à la circonférence de ce tambour :

Câble en chanvre : 0,75 S,
Câble en fil de fer: 1,50 S.

Aucune explication n'est donnée relativement à ces coefficients de S ; mais ils doivent provenir de la considération des quantités e, e', e''.

Pour les cordes en chanvre, S serait fonction de $e + e'$, de sorte que si le câble est enroulé $e' = 0$ et S doit diminuer : il serait donc admis que le reploiement e' n'existant pas, la raideur est diminuée d'un quart. D'après Herrmann qui fait $e = e'$, ce devrait être de moitié.

Pour les câbles en fil de fer, S contient $(e - e'')$ dans le premier terme de la formule du traité de Weisbach annoté aussi par le même Dr Grashof ; il y est admis $e = e''$, ce qui conduirait à doubler S au lieu de l'augmenter de moitié seulement, s'il ne fallait pas tenir compte du second terme F, qui est probablement considéré comme égal à $\frac{1}{2}$ S, ce qui expliquerait le coefficient 1,50.

Telles sont les nouvelles conséquences aussi erronées qu'inattendues d'une théorie fausse, car l'enroulement sur un tambour exige évidemment une même force, qu'il y ait ou non déroulement.

TENSION D'INCURVATION

14. — Nous croyons opportun de revenir sur la tension d'incurvation dont l'expression est $E\frac{\delta}{D}$, à cause de son importance dans la théorie de la raideur.

Si un câble de diamètre d, composé de fils de diamètre δ, devenait pour un moment homogène, la tension d'incurvation deviendrait $E\frac{d}{D}$; or, dans un double grelin composé de 7 grelins simples contenant 7 cordons de 7 torons avec 7 fils chacun, comme celui décrit par M. E. Polonceau dans sa note sur les câbles télédynamiques, et qui est composé de $7^4 = 2401$ fils, on a théoriquement $d = 3^4\delta = 81\ \delta$, mais pratiquement, le coefficient 81 est dépassé, de sorte que la tension d'incurvation dans le câble en question est 81 fois moindre que si le câble était remplacé par un cylindre homogène en acier. Les câbles présentent donc un énorme avantage au simple point de vue de la tension maxima qui résulte de l'incurvation dans chacun des fils, sans compter, bien entendu, tous les autres qui les rendent si utiles.

Malgré cette réduction, si grande parfois, on trouve pour la valeur de cette tension, dans le cas où D est faible, des chiffres assez forts pour qu'on ait cru les déclarer inadmissibles.

En admettant $E = 20 \times 10^9$, on obtient les tensions suivantes :

$D = 0{,}40$ $\quad \delta = 0{,}002$ Tension : 100 *kg* par millimètre carré.

$D = 0{,}05$ $\quad \delta = 0{,}002$ — 800 *kg* —

Ces valeurs de 100 et 800 *kg* devraient faire rejeter l'expression adoptée.

Il est bon de rappeler que cette même expression $E\frac{\delta}{D}$ n'est autre que la traduction algébrique de la définition du module E dans le cas de l'incurvation, comme l'a démontré M. Léauté, dans sa *Théorie générale des transmissions par câbles métalliques*.

Nous avons vu, page 461, à propos de la signification du mot raideur relative à l'élasticité, qu'on peut écrire :

$$T = E\,\Omega\,\frac{l}{L}.$$

Soit un fil ECDF, infléchi sur un cercle ayant O pour centre,

comme dans la figure 12; AB étant son axe neutre, sa fibre supérieure EF se sera allongée de EG, et l'on aura :

$$\frac{EG}{AB} = \frac{AE}{BO} \quad \text{ou bien :} \quad \frac{l}{L} = \frac{\delta}{D+\delta}$$

Supposons $\Omega = 1$, et négligeons δ ajouté à D, nous aurons la tension t de la fibre la plus éloignée en LF, qui sera :

$$t = E\frac{\delta}{D}.$$

Si donc on n'accepte pas cette relation, il faut renoncer à se servir de la théorie de l'élasticité telle qu'elle existe.

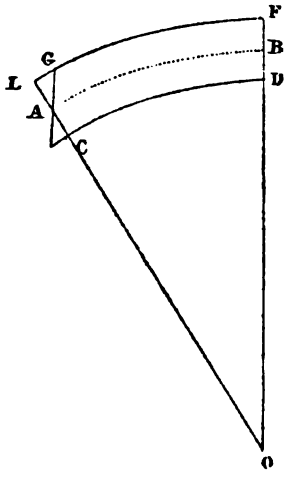


FIG. 12.

Le module E est toujours considéré comme égal à 20×10^9 ou 20 000 par millimètre carré pour le fer de meilleure qualité, d'après les expériences d'Hodgkinson, fréquemment vérifiées depuis leur publication. Ce module s'applique pour des tensions ne dépassant pas 16 *kg;* mais, pour les câbles métalliques, on emploie des fils d'acier dont la résistance varie entre 70 et 215 *kg* par millimètre carré et dont la limite d'élasticité est comprise entre 49 et 180 *kg*. On ne possède pas encore d'expériences définitives donnant le module des nouvelles qualités d'acier : il semble augmenter avec la résistance de la matière, mais dans de très faibles proportions. On trouve à ce sujet des indications très intéressantes dans le mémoire sur les canons à fil d'acier de M. Moch, lieutenant d'artillerie, dans la *Revue d'artillerie* de 1886 et 1887. Jusqu'à nouvel avis, le chiffre habituel semble pouvoir être conservé.

La tension de 100 *kg* dont il a été parlé plus haut pour D = 0,40 a été jugée inadmissible à propos d'un câble de funiculaire dont le fil se rompait à 179 *kg* par millimètre carré. La limite d'élasticité doit se trouver entre 130 et 140 *kg*, de sorte que le fil pouvait évidemment supporter une telle tension, non sans fatigue, il est vrai.

Quant au chiffre de 800 *kg* pour un diamètre de 5 *cm*, nous répondrons que la théorie ne s'applique plus pour de semblables valeurs, et qu'on ne peut lui opposer de tels chiffres, parce qu'il y

a déformation permanente. Les pianos ne contiennent-ils pas des cordes métalliques enroulées autour de broches d'un très petit diamètre ? Malgré cet enroulement, elles supportent encore de fortes tensions ; mais si ces enroulements sont défaits pour revenir à une direction rectiligne et reproduits un petit nombre de fois, les meilleurs fils ne les supportent plus. Il y a donc beaucoup de phénomènes qui peuvent se passer en dehors de la limite d'élasticité et qui n'infirment pas la théorie

TROISIÈME PARTIE

Formules actuelles et formules proposées.

Cordes en chanvre. — Formules actuelles françaises et allemandes

15. — Coulomb a été amené à proposer une formule avec un exposant fractionnaire et deux coefficients numériques.

Le général Morin s'est chargé de faire la critique de cet exposant, ainsi que du tableau calculé par Navier ; mais ses formules laissent aussi à désirer, à cause du choix de la variable, soit le nombre de fils de caret. Les cordes ne sont pas et n'ont jamais été définies par une telle quantité, attendu que le diamètre de ces fils change suivant les corderies : la désignation de ce nombre devient tout à fait artificielle. Ensuite, ses formules avec leurs trois termes, leurs six décimales, sont hors de mise pour le calcul de la raideur que, dans l'état actuel des choses, on ne peut calculer que d'une manière approximative. Nous avons critiqué les auteurs allemands lorsque nous nous sommes trouvé en présence d'idées erronées, mais nous n'hésitons pas à reconnaître qu'ils ont eu complètement raison en proposant des formules très simples, monômes si possible.

Pour les cordes en chanvre, ces mêmes auteurs ont donné trois formules sans jamais distinguer les blanches des goudronnées. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la raideur pour chaque formule, en supposant d'abord $D = 1$, puis successivement $T = 500$ *kg* et 1 000 *kg*. Ces valeurs se réduisent à des coefficients numériques de la quantité d^2 et fournissent de curieux sujets de comparaison.

VALEURS DE T	REDTENBACHER (d'après COULOMB)	EYTELWEIN	GRASHOF (d'après WEISBACH)
500	13 000 d^2 (3,0)	16 600 d^2 (3,9)	4 290 d^2 (1,0)
1 000	26 000 d^2 (3,2)	37 200 d^2 (4,6)	8 040 d^2 (1,0)

Au-dessous de chaque expression numérique, nous avons inscrit les chiffres proportionnels, en supposant que la formule de Grashof la dernière en date, donne une raideur égale à l'unité.

La formule d'Eytelwein donne des résultats quadruples de ceux de Grashof, ce qui est d'autant plus surprenant que Weisbach préconise la formule d'Eytelwein et que Grashof a déduit sa formule des expériences mêmes de Weisbach. Ce dernier a donc manqué d'esprit critique en ne faisant aucune comparaison avec ses devanciers : des doutes lui seraient venus sur l'exactitude de sa méthode et sur cette assertion que la raideur d'écheveaux de fils pouvait être négligée en toute sûreté. S'il eût bien réfléchi, il serait arrivé aux conclusions de M. Murgue sur les procédés indirects, que nous avons citées textuellement (p. 482) en pensant précisément à Weisbach.

Nous considérons donc comme prouvé que les résultats de Grashof sont beaucoup trop faibles.

Les coefficients relatifs à Eytelwein sont exagérés dans un sens contraire.

Redtenbacher a eu tort de prendre une moyenne entre les cordes blanches et celles goudronnées, de sorte que nous arrivons pour les formules, comme pour les théories, à les critiquer toutes et à nous convaincre qu'il faut chercher quelque chose de plus rationnel que tout ce qui a été proposé jusqu'ici.

Les expériences de Weisbach étant éliminées, il ne nous reste plus que celles de Coulomb pour le calcul de la nouvelle formule. Nous ne devons pas oublier qu'il était un expérimentateur remarquable ; la balance de torsion l'a classé parmi les physiciens illustres ; mais il était plutôt Ingénieur, et nous pouvons le revendiquer comme un des nôtres, car il faisait partie du corps du Génie militaire et il avait exécuté des travaux aux colonies. Les expériences dont nous parlons, celles qu'il exécuta et publia en même temps sur le frottement ainsi que son mémoire sur les murs de revêtement et les voûtes, ont été le véritable point de départ de tout ce qui a été dit de sérieux sur ces diverses questions.

Cependant, nous n'accepterons pas ses résultats sans les examiner attentivement, de manière à écarter ceux qui répondent à des conditions défectueuses par rapport à l'objet qu'on a en vue et à constituer ainsi une série de chiffres donnant lieu à des conséquences logiques.

Examen des expériences de Coulomb

16. — Nous avons donc repris les résultats formant les tableaux nos 1 et 3 et nous les avons réduits, comme l'ont fait Navier et Morin, au cas d'un rouleau de 1 *m* de diamètre dans les tableaux 8 et 9. Les chiffres, inscrits sur une même ligne horizontale pour une même espèce de cordes, présentent des différences parfois assez notables, au lieu d'être tous égaux comme le réclame le principe admis que les raideurs sont inversement proportionnelles aux diamètres des rouleaux.

TABLEAU N° 8. — *Expériences de Coulomb.*

Cordes blanches. — Raideurs calculées pour D = 1 (S × D).

TENSIONS T	PARTIES aliquotes des TENSIONS	CORDE N° 1 $d = 0{,}008.8$, $n = 6$, $p = 0{,}052.2$ — RAIDEURS OBTENUES AVEC D =				CORDE N° 2 $d = 0{,}014.4$, $n = 15$, $p = 0{,}144.8$ — RAIDEURS OBTENUES AVEC D =				CORDE N° 3 $d = 0{,}020$, $n = 30$, $p = 0{,}283$ — RAIDEURS OBTENUES AVEC D =				$d = 0{,}041$ $n = 112$ $p = 0{,}945$ D =
		0,027	0,054	0,108	0,162	0,027	0,054	0,108	0,162	0,054	0,108	0,162	0,325	0,162
kg		*kg*												
6,12	1	0,026	»	»	»	0,093	0,085	0,090	»	0,291	0,264	»	»	»
12,24	2	»	»	»	»	»	»	»	0,088	0,243	»	»	»	»
24,48	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,51
30,59	5	0,145	0,106	»	»	0,291	0,239	0,264	»	0,555	0,449	»	»	»
48,95	8	»	»	»	0,118	»	»	»	0,340	»	»	»	0,556	»
55,07	9	0,224	0,172	»	»	0,397	0,449	0,371	»	0,765	0,740	»	»	»
97,90	16	»	»	»	0,260	»	»	»	0,650	0,160	»	1,047	»	»
104,62	17	0,408	0,317	0,30	»	0,86	0,819	0,686	»	1,240	1,216	»	»	»
146,85	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,177	»
152,97	25	0,568	0,396	0,380	»	1,211	1,120	0,883	»	1,770	1,638	»	»	»
244,75	40	»	»	»	»	»	»	»	1,400	»	»	»	2,290	7,90
250,87	41	»	»	0.581	»	»	»	1,428	»	»	2,640	2,700	»	»

TABLEAU N° 9. — *Expériences de Coulomb.*

Cordes goudronnées. — Raideurs calculées pour D = 1.

TENSIONS T	PARTIES aliquotes des TENSIONS	d = 0,069.6, n = 10, p = 0,069		d = 0,0168. n = 15 p = 0,163	d = 0,023.6, n = 30, p = 0,333		
		RAIDEURS D =		D =	RAIDEURS OBTENUES AVEC D =		
		0,034	0,108	0,108	0,054	0,108	0,162
6,12	1	0,036	0,016	0,132	0,554	0,414	»
146,85	24	0,416	0,380	»	»	»	»
244,75	40	»	»	1,580	»	3,440	3,320

Mais si nous examinons les chiffres en détail, nous voyons que tous ceux présentant de l'irrégularité correspondent précisément aux rouleaux d'un petit diamètre et, si nous établissons le tableau suivant, nous voyons que les chiffres trop forts sont précisément ceux pour lesquels $\frac{D}{d}$ est moindre que 6, ce que le bon sens ratifie; il convient donc de négliger tous les résultats correspondants.

Numéros des cordes.	1	2	3	sans numéro
Diamètres en millimètres. .	8,3	14,4	20	41
Carrés des diamètres	77,44	207,36	410	»
Coefficients correspondants. .	(1)	(2,7)	(5,2)	»
Nombre de fils de caret. . .	6	15	30	112
Coefficients correspondants.	(1)	(2,5)	(5)	»
Poids par mètre linéaire . .	52,2	144,8	283,4	945
Coefficients correspondants..	(1)	(2,76)	(5,4)	»
Rapports $\frac{D}{d}$	3	2	3	4
	6	4	5	»
	12	8	8	»
	18	12	16	»

Les carrés des diamètres des trois cordes 1, 2 et 3, leur nombre de fils de caret et leur poids par mètre linéaire sont entre eux approximativement et en nombres ronds comme 1, 2,5 et 5; les cordes 2 et 3 ont donné des raideurs qui sont entre elles environ comme 1 est à 2, ou bien 2,5 à 5. Mais, dans ce dernier cas, la corde n° 1 ne correspond pas à l'unité. Comme elle n'a que 8,8 *mm*

de diamètre et 6 fils de caret, elle peut être exclue comme trop petite et ne devant pas être employée dans les installations mécaniques

A ces observations, nous ajouterons celle de Coulomb sur les résultats obtenus avec le rouleau de 0,325 pour la corde de 30 fils de caret. Ayant été les derniers constatés, ils doivent être trop faibles, dit-il, par suite de la fatigue de la corde : on voit, en effet, par l'inspection des chiffres qu'il doit en être ainsi; nous ne les avons donc pas utilisés.

Ces éliminations successives réduisent les résultats qui doivent être conservés à ceux inscrits dans le tableau suivant n° 10.

Tableau n° 10. — *Expériences de Coulomb.*

Recherche de la formule de la raideur pour les cordes en chanvre.

Comparaison des résultats avec l'expression 0,04 T*p*

TENSIONS T	CORDES BLANCHES — RAIDEURS POUR D = 1, OBTENUES POUR LES CORDES ET ROULEAUX SUIVANTS OU CALCULÉES						CORDES GOUDRONNÉES — RAIDEURS POUR D = 1, OBTENUES POUR LES CORDES ET ROULEAUX OU CALCULÉES				
	$n = 15$, $p = 0{,}144$			$n = 30$, $p = 0{,}283$			$n = 15$, $p = 0{,}163$		$n = 30$, $p = 0{,}333$		
	D = 0,108	0,162	calculée	0,108	0,162	calculée	0,108	calculée	0,108	0,162	calculée
55,07	0,371	»	0,318	0,740	»	0,625	»	»	»	»	»
97,90	»	0,650	0,566	»	1,05	1,11	»	»	»	»	»
104,02	0,686	»	0,600	1,216	»	1,18	»	»	»	»	»
152,97	0,883	»	0,885	1,638	»	1,73	»	»	»	»	»
244,75	»	1,400	1,415	»	»	»	1,586	1,60	3,436	3,32	3,26
250,87	1,428	»	1,44	2,640	2,70	2,84	»	»	»	»	»

FORMULE PROPOSÉE POUR LES CORDES EN CHANVRE

17. — Nous avons maintenant à choisir la quantité qui devra figurer dans la formule de la raideur entre les trois suivantes : le diamètre, le nombre de fils de caret, le poids par *m* linéaire.

Les habitudes du commerce consistent à définir une corde par ce qu'on appelle sa *grosseur*, c'est-à-dire sa circonférence ou le diamètre qui en est déduit. On y ajoute le poids par *m* courant indispensable pour le consommateur qui paie les cordages au kilogramme.

Nous écarterons cette grosseur ou le diamètre, parce que ces quantités définissent incomplètement une corde. Dans la marine, pour une circonférence représentée par C, les aussières goudronnées pèsent 1,80 c^2, les grelins à 9 torons ne pèsent plus que 1,68 c^2, soit une différence de 7 0/0 environ. Le poids varie en outre pour un même diamètre, suivant que les cordes sont plus ou moins commises.

Coulomb exclut le diamètre pour l'évaluation de la raideur des cordes goudronnées; il le remplace par le nombre de fils de caret, ce qui est inadmissible, comme nous l'avons vu.

Reste le poids par *m* linéaire; c'est une quantité tout à fait caractéristique d'une corde; elle nous paraît la meilleure à introduire dans nos formules et tend d'ailleurs à être adoptée par les fabricants et les ingénieurs qui s'occupent de cordages.

Nous avons donc à étudier le tableau n° 10 et à chercher une expression simple pouvant relier entre elles les diverses raideurs qui s'y trouvent inscrites. Il est impossible de ne pas être frappé, en l'examinant attentivement, de ce que pour les tensions voisines de 250 *kg*, les raideurs sont à peu près égales au poids par *m* linéaire multiplié par 10, ce qui correspondrait à la formule très simple :

$$S = 0{,}04\ T\ \frac{p}{D}.$$

Mais il faut vérifier si elle est également applicable aux tensions moindres de 250 *kg*. Pour cela, nous avons inscrit les résultats qu'elle donne dans des colonnes spéciales, où l'on peut constater que la concordance est satisfaisante; nous proposons conséquemment son adoption.

Il nous a paru intéressant de vérifier si la formule de Morin donnait des résultats semblables aux nôtres. Le tableau 11 pour les cordes de 30 à 100 fils de caret donne le détail des trois termes desdites formules.

TABLEAU N° 11. — *Cordes en chanvre.*

Comparaison des résultats obtenus par l'application de la formule du général Morin, de celle proposée et de celles des auteurs allemands.

d	n	p	D	T	FORMULE DU GÉNÉRAL MORIN				FORMULE	FORMULES ALLEMANDES		
					1er TERME	2e TERME	3e TERME	TOTAL	PROPOSÉE	REDTENBACH. (Coulomb)	RYTELWEIN	GRASHOF
Cordes blanches.												
0,020	30	0,283	0,20	300	0,045	1,103	16,335	17,5	17,0	16	22	5
			0,50	400	0,018	0,441	8,712	9,2	9,1	8	12	3
0,283	60	0,566	0,40	600	0,045	2,205	32,670	33,9	34,0	29	45	9
			0,60	800	0,030	1,470	29,040	30,5	30,2	28	40	8
0,0365	100	0,940	0,50	1000	0,059	4,900	72,600	77,6	75,2	69	99	21
			1,00	1200	0,030	2,450	54,45	56,9	56,4	52	74	16
Cordes goudronnées.												
0,0236	30	0,3326	0,20	300	0,219	1,557	18,810	20,6	20,0	22	31	7
			0,50	400	0,087	0,623	10,032	10,7	10,6	11	16	4
0,0334	60	0,6652	0,40	600	0,219	3,114	37,620	41,0	39,9	44	63	13
			0,60	800	0,146	2,768	33,440	36,4	35,5	39	56	12
0,0432	100	1,108	0,50	1000	0,292	6,920	83,600	90,8	88,6	96	138	29
			1,00	1500	0,146	3,460	62,700	66,3	66,5	73	104	22

Les deux raideurs obtenues sont sensiblement les mêmes. On peut donc continuer à se servir des formules de Morin, et toutes les déductions qui en ont été tirées, subsistent intégralement. Mais on voit combien leur complication est peu motivée et que, par exemple, le premier terme est négligeable.

Si l'on tient compte des relations que nous avons déjà établies et qui ont servi au général Morin, savoir pour les cordes blanches $\frac{n}{30} = \frac{p}{0{,}283}$, d'où $n = 106\ p$, et pour les cordes goudronnées $\frac{n}{30} = \frac{p}{0{,}333}$, d'où $n = 90\ p$, et si nous remplaçons n par ces valeurs dans les deux formules de Morin, nous aurons :

$$\text{Cordes blanches : } S = \frac{p}{D}(0{,}031 + 2{,}753p + 0{,}038\,T),$$

$$\text{Cordes goudronnées : } S = \frac{p}{D}(0{,}131 + 2{,}803p + 0{,}038\,T).$$

Les coefficients diffèrent très peu les uns des autres, comme on devait s'y attendre; le premier étant négligeable, il s'ensuit qu'on peut écrire pour les deux genres de cordes :

$$S = \frac{p}{D}(2{,}80\,p + 0{,}038\,T).$$

Il est évidemment préférable d'adopter notre formule qui est plus simple encore et que nous avons déduite des expériences mêmes de Coulomb.

Nous avons ajouté ce que donnent pour chaque cas particulier les formules allemandes, toutes les remarques déjà faites à leur égard en sont confirmées.

Pour terminer ce qui concerne les expériences de Coulomb, nous avons à nous rendre compte de la réduction de la raideur pour les vieilles cordes. Dans sa formule $\frac{d^m}{D}(a + bT)$, m doit être pris égal à 1,7 pour les cordes neuves et à 1,4 pour celles usées. Si nous nous reportons aux calculs mêmes de Coulomb, d'où résulte l'exposant 1,7 (p. 111 de son mémoire), nous voyons qu'il répond à deux cordes de 20 et de 28 lignes de tour ou de circonférence, et que ce sont ces *tours* qui ont servi à le calculer. Nous dresserons le tableau suivant où C représente ce même tour.

QUANTITÉS CALCULÉES	VALEURS DE C^m			
	C = 20	RAPPORT	C = 28	RAPPORT
$C^{1.7}$	163	100	289	100
$C^{1.1}$	66	41	106	37

Il en résulte donc une perte de 60 0/0 environ, ce qui est très considérable

Il est à regretter que Coulomb n'ait pas donné la valeur des raideurs elles-mêmes, et qu'il soit nécessaire de se renseigner d'une manière indirecte.

Il ne nous est pas possible de comprendre comment Weisbach a été amené à dire que les vieilles cordes ont besoin d'une certaine force pour être redressées à la sortie des poulies, car chacun sait qu'elles deviennent tellement souples qu'elles obéissent à la moindre tension, fût-elle même réduite à leur propre poids.

Cables métalliques. — Formules allemandes.

18. — Les Ingénieurs allemands ont proposé deux formules, et Weisbach a fait des expériences dont on peut en tirer deux autres. Si dans ces quatre formules, nous faisons D = 1 et successivement T = 1 000 et 2 000 *kg*, nous formerons le tableau suivant :

T	REDTENBACHER	WEISBACH		GRASHOF D'APRÈS WEISBACH
		CABLE TOUT EN FER non goudronné	CABLE AVEC AMES en chanvre, goudronné de frais	
1000	58.000 d^2	17.060 d^2	8.455 d^2	12.930 d^2
2000	116.000 d^2	32.460 d^2	14.455 d^2	23.830 d^2

La formule de Redtenbacher semble donner des résultats exagérés ; elle paraît actuellement abandonnée : les deux raideurs de Weisbach répondent à des conditions différentes, mais ne seraient pas incompatibles : elles prouvent l'importance de la lubrifaction, sans permettre de la chiffrer, car il aurait fallu pour cela expérimenter le même câble, d'abord à l'état sec, puis lubrifié. Nous avons indiqué toutefois les motifs pour lesquels nous croyons que ses résultats sont trop faibles. Les chiffres de M. Grashof sont des

moyennes des précédents, tout à fait inadmissibles, à cause des conditions différentes dans lesquelles les deux câbles se trouvent et de la grande différence qui en résulte

Expériences de M. Murgue. — Formule proposée.

19. — Les expériences de M. Murgue vont nous apporter la lumière.

Il en a fait trois séries pour des câbles neufs formés de fils de fer de 3 *mm* de diamètre ; deux ont des âmes en chanvre au centre du câble et des torons, et le troisième étant formé de torons de 4 fils n'a qu'une âme centrale en chanvre. Ils présentent des poids par mètre courant de 3,22, de 2,83 et 1,53 *kg*.

Le tableau n° 12 donne les résultats obtenus, et le détail des opérations faites en vue d'obtenir une formule qui les exprime tous et qui serait $\left(2.00 + 0{,}003\ 2\ T\right)\frac{p}{D}$.

Deux câbles en acier ont été expérimentés et font l'objet du tableau n° 13 où leur composition est indiquée : le premier a donné l'expression $\left(3.50 + 0{,}003\ 2\ T\right)\frac{p}{D}$ et le second conservé longtemps en magasin, couvert d'une légère couche de rouille, a donné des chiffres un peu moindres correspondant à

$$\left(3.00 + 0{,}003\ 2\ T\right)\frac{p}{D}.$$

Repris après un bain de 60 heures dans l'huile, la raideur diminua de 35 0/0.

Cette dernière expérience mérite d'être notée, car elle donne un chiffre certain sur l'influence du frottement mutuel des fils au point de vue de la raideur. Le graissage soigneusement fait des câbles métalliques employés pour les puits de mines, doit aussi amener une réduction, mais dans une proportion peut-être moindre : il conviendra d'en tenir compte dans les calculs relatifs aux installations de puits.

TABLEAU N° 12. — *Câbles en fil de fer.*

Recherche d'une formule
reliant entre elles les raideurs observées par M. Murgue.

FORMULE PROPOSÉE : $S = (2 + 0{,}0003.2\,T)\,\frac{p}{D}$.

D	p	n	d	T	S observée	$\frac{S}{p}$	DIFFÉRENCE	FORMULE PROPOSÉE $\frac{S}{p}$	FORMULE PROPOSÉE DIFFÉRENCE	FORMULE PROPOSÉE S	S pour câble chanvre égal poids p
m	*kg*		*m*	*kg*	*kg*					*kg*	*kg*
				0							
				200	8,97	2,79				8,50	25
							0,61				
1	3,22	48	0,033	400	10,94	3,40		Voir		10,56	50
							0,65				
				600	13,11	4,05		ci-dessous.		12,62	75
							0,49				
6 torons de 8 fils de 3 *mm* avec âme centrale et des torons en chanvre.				800	14,64	4,54	1,75			14,68	100
				0				2 »			
				200	7,23	2,53		2,64		7,47	22
							0,71		0,64		
1	2,83	42	0,030	400	9,17	3,24		3,28		9,28	44
							0,74		0,64		
				600	11,28	3,98		3,92		11,09	66
							0,68		0,64		
6 torons de 7 fils de 3 *mm* avec âme centrale et des torons en chanvre.				800	13,18	4,66	2,13	4.56	1,92	12,90	88
				0							
				200	4 »	2,62				4,04	12
							0,72				
1	1,53	24	0,021	400	5,11	3,34		Voir		5,02	24
							0,44				
				600	5,79	3,78		ci-dessus.		6 »	36
							0,65				
6 torons de 4 fils de 3 *mm* avec âme centrale en chanvre seule.				800	6,77	4,43	1,81			6,98	48

TABLEAU N° 13. — *Câbles en fil d'acier.*

Recherche d'une formule reliant entre elles les raideurs observées par M. Murgue

p	n	d	D	T	S observée	$\frac{S}{p}$	DIFFÉRENCE	FORMULE PROPOSÉE $\frac{S}{p}$	Différence	S
kg		*m*	*m*	*kg*	*kg*					*kg*
Formule proposée : $(3{,}50 + 0{,}003.2\ T)\frac{p}{D}$.										
				0				3,50		
				200	10,71	4,20		4,14		10,56
							0,60		0,64	
2,55	48	0,030	1,00	400	12,22	4,80		4,78		12,19
							0,64		0,64	
				600	13,88	5,44		5,42		13,82
6 torons de 8 fils de 2,7 *mm* âme centrale et des torons en chanvre.				800	15,51	6,10	0,66	6,06	0,64	15,45
							1,90		1,92	
ACIER ROUILLÉ. — Formule proposée : $(3{,}00 + 0{,}003.2\ T)\frac{p}{D}$.										
				0				3,00		
				200	5,04	3,29		3,64		5,57
							0,76		0,64	
1,53	30	0,022	1,00	400	6,20	4,05		4,28		6,55
							0,83		0,64	
				600	7,45	4,88		4,92		7,53
6 torons de 5 fils de 2,7 *mm* âme centrale et des torons en chanvre.				800	8,47	5,54	0,66	5,56	0,64	8,50
							2,25		1,92	
ACIER LUBRIFIÉ. — Formule proposée : $0{,}65\ (3 + 0{,}003.2\ T)\frac{p}{D} = (1{,}90 + 0{,}002.1\ T)\frac{p}{D}$										
				0				1,90		
				200	3,39	2,22		2,32		3,43
							0,40		0,42	
1,53	30	0,022	1,00	400	4,01	2,62		2,74		4,10
							0,47		0,42	
				600	4,73	3,09		3,16		4,77
Même composition que ci-dessus.				800	5,47	3,58	0,49	3,58	0,42	5,45
							1.36		1,26	

M. Murgue a expérimenté des câbles vieux : nous n'avons pas cherché de formules pour relier entre eux les résultats obtenus, car la vétusté est chose trop relative pour qu'on la traduise en formules algébriques. Cependant il eût été possible de s'en faire une certaine idée en connaissant leur résistance à la rupture, étant neufs, et celle qu'ils conservaient lors des expériences. Il est toutefois très intéressant de savoir que la raideur des câbles en fer a été réduite par l'usure de 20 0/0 et celle d'un câble en acier de 33 0/0.

Nous avons dressé le tableau ci-après pour comparer les résultats de M. Murgue avec ceux des auteurs allemands ; les calculs se rapportent au câble non lubrifié de Weisbach de 0,017 4 de diamètre pesant 1,02 le mètre linéaire.

d	*p*	T	D	MURGUE	REDTENBACHER	WEISBACH	GRASHOF
m	*kg*	*kg*	*m*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
0,017 4	1,02	1000	1,00	5,3	16,9	5,2	3,9
0,017 4	1,02	1000	0,50	10,6	35	9,8	7,2

La formule de Redtenbacher donne toujours des résultats trop forts ; celle de Grashof, trop faibles. Les chiffres de M. Murgue et de Weisbach concordent, mais il ne devrait pas en être ainsi pour la raison spéciale suivante : si l'on se rend compte de la composition du câble expérimenté par Weisbach et de ceux de M. Murgue, on voit que celui de M. Weisbach ne possède aucune âme en chanvre et devait avoir une raideur bien plus forte que celle de M. Murgue ; en outre il y a le motif plus général de la méthode d'expérimentation adoptée dont nous avons déjà parlé, de sorte que la concordance des deux chiffres ne devrait pas exister.

Il convient en effet de toujours prendre en considération la composition du câble.

M. Habets, dans son rapport au jury sur l'Exposition de 1878 (Exploitation des mines) nous apprend qu'on employait dans l'usine Cockerill pour le puits Marie, une aussière avec torons formés de deux *couches concentriques de fils*, à âme centrale et des torons en chanvre ; elle avait le défaut de présenter une grande rigidité. - On l'a remplacée par un grelin contenant le même nombre total de fils, formé de 6 cordons contenant 5 torons ne présentant plus qu'une *seule couche de fils ;* le diamètre était un peu *plus fort* ; on a

constaté à l'usage une flexibilité remarquable qui a même de beaucoup dépassé les prévisions.

On fait actuellement des aussières et des grelins simples et doubles dits flexibles, dont la souplesse est très grande : leur composition est très variée, car il en est dont les fils sont assez fins pour n'avoir pas besoin d'âmes en chanvre.

Comparaison entre la raideur des cordes en chanvre et celle des cordes métalliques

20. — Il est intéressant de connaître le rapport qui existe entre la raideur des câbles en fils de fer et celle du cordage en chanvre de même poids, par mètre linéaire, car d'après une règle empirique exacte dans des circonstances données et pour certains coefficients de sûreté, mais qu'on ne saurait généraliser, on peut charger le chanvre et le fil de fer de 1 000 fois leur poids par mètre courant.

Le tableau n° 12 contient déjà ces raideurs pour les cordes en chanvre correspondantes au câble en fil de fer, mais on peut donner une expression algébrique de leur rapport :

Si on fait $T = 1\,000\,p$, il sera $\frac{(2 + 3.2\,p)\,p}{40\,p^2} = 0.08 + \frac{0.05}{p}$.

Lorsque p varie de 1 à 5 *kg*, le rapport est compris entre 0,13 et 0,09 de sorte que la raideur des câbles en fer est alors environ dix fois moindre que celle des cordes en chanvre de même poids et soumise à la même tension.

Il s'agit exclusivement des câbles semblables à ceux expérimentés par M. Murgue : une comparaison avec les nouveaux câbles flexibles donnerait une proportion beaucoup plus forte à l'avantage du fer.

Influence du temps sur les enroulements

21. — D'après l'observation de Coulomb reproduite page 475, les valeurs de la raideur qu'il a déterminées se rapportent à des cordes n'ayant pas subi d'incurvation depuis cinq ou six minutes. Dans le cas contraire, la raideur serait diminuée d'une quantité qu'il évalue à un tiers. On aura souvent l'occasion d'appliquer cette réduction par des transmissions de mouvement ou des systèmes de poulies voisines. Elle parait provenir d'une diminution

des frottements intérieurs par une sorte d'adaptation de l'ensemble à s'infléchir qui disparaît après le temps indiqué.

On n'a pas d'expérience à ce sujet concernant les câbles métalliques ; nul doute qu'une réduction semblable ne s'applique aussi à eux et n'explique comment les pertes dans les transmissions télédynamiques sont évaluées en bloc à 2,5 0/0 seulement, plus 1 0/0 pour chaque distance de 900 *m*. (Voir Unwin, traduit par M. Bocquet, p. 297.)

Quant à l'enroulement sur un treuil, les fournisseurs des aussières flexibles métalliques pour la marine, indiquent parfois le moindre diamètre à donner au tambour, mais sous la condition que cet enroulement se fasse lentement ; on arrive ainsi à faire subir impunément aux fils et torons des flexions qui, si elles étaient brusques, seraient fort nuisibles.

Conclusion

22. — Les formules proposées se rapportent, comme nous l'avons dit, aux seuls câbles expérimentés : il nous reste à préciser les lacunes qu'il serait tout à fait désirable de voir combler.

Les expériences de Coulomb ont été faites sur des cordes en chanvre de faible poids, avec des rouleaux de petit diamètre. Il y aurait lieu de les compléter avec de plus grosses cordes et des tambours d'un diamètre convenable, de rechercher la différence de raideur entre les aussières et les grelins, et d'expérimenter les câbles plats en chanvre ou en manille, avec les lubrifications usitées dans les mines.

On fait actuellement pour les transmissions, des cordes en coton (aussières et grelins), qui, dit-on, seraient presque aussi résistantes et beaucoup plus souples que les cordes en chanvre : il serait utile d'être renseigné sur cette grande souplesse.

Pour les câbles métalliques, les expériences de M. Murgue sont complètement satisfaisantes au point de vue du poids des câbles et du diamètre du tambour, mais comme il le remarque lui-même, elles sont peu nombreuses. Elles devraient être étendues aux câbles télédynamiques, aux câbles plats lubrifiés comme dans les mines, ainsi qu'aux câbles flexibles de toute composition.

Enfin, pour le chanvre comme pour le fil de fer ou d'acier, il faudrait faire varier les tensions graduées qui servent à observer les raideurs de manière que la plus grande corresponde à une charge voisine de la limite d'élasticité du cordage

Une réflexion se présente naturellement à l'esprit à propos de ces lacunes : c'est que les formules de la raideur, comme celles relatives à presque toutes les questions traitées dans l'art de l'ingénieur, reposent sur des expériences qui forment la partie de beaucoup la plus importante de nos connaissances scientifiques, mais qui malheureusement sont en bien des cas, ou peu nombreuses ou bien ne se rapportant plus au développement que prennent les applications industrielles.

A notre époque, bien des caractères généreux aiment à se signaler en encourageant les choses utiles ; nous pensons qu'il serait très profitable de fonder des prix et surtout des subventions non pour multiplier indéfiniment les prix de vertu, ou pour couronner quantité de compositions littéraires souvent médiocres (1), mais pour aider et surtout provoquer des expériences faisant défaut. La Société pour l'avancement des Sciences donne à cet égard un exemple à suivre : elle subventionne les travailleurs par des achats d'instruments ou autrement. Ce qui est utile pour l'histoire naturelle, ne le serait pas moins pour les sciences appliquées à l'industrie, et les conséquences peuvent être aussi fécondes. Nous aimons à penser que ces réflexions trouveront un écho, et qu'un jour ou l'autre, nous pourrons enregistrer des expériences nouvelles que notre Société, au moyen de dons ou legs, aura suscitées ou tout au moins encouragées de la manière la plus efficace.

Paris, juin 1889.

(1) Voir à ce sujet : *L'État moderne et ses fonctions*, par Paul Leroy-Beaulieu, *Revue des Deux Mondes*, 15 janvier 1889, page 296.

23. — Bibliographie.

Aguillon. — Rapport fait au nom de la commission chargée d'étudier les ruptures de câbles de mines. Paris, 1881.

Annales des Ponts et Chaussées. — *a.* Notice sur les plans inclinés de Liège exécutés par M. *Maus*, par Garella. Mars et avril 1843. — *b.* Expériences pour déterminer la résistance à l'incurvation des câbles métalliques, par M. *Murgue*. Novembre 1887.

Bélanger. — *a.* Traité de la résistance et de la flexion plane des solides. Paris, 1858, in-8°. — *b.* Traité de la dynamique des systèmes matériels. Paris, 1866, in-8°.

Coulomb. — Théories des machines simples. Paris, 1821, in-4°.

Flamant. — Mécanique générale. Paris, 1888.

Habets. — Rapports au jury (Exposition de 1878. Exploitation des mines). Paris, 1880.

Herrmann. — Statique graphique des mécanismes, édition française, de MM. Schmitz et Castin. Paris, 1882, in-4°.

Léauté. — Théorie générale des transmissions par câbles métalliques. Paris, 1882, in-4°.

Millasseau. — Sur la fabrication des cordages. Paris, 1887 (Revue d'artillerie).

Moch. — Des canons à fil d'acier. Revue d'artillerie, 1886 et 1887.

Morin. — Notions fondamentales de mécanique. Paris, 1860, in-8° (3e édition).

Navier. — Architecture hydraulique de Bélidor, publiée par Navier. Paris, in-4°, 1819.

Polonceau. — Note sur les câbles télodynamiques. Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. Paris, février 1889.

Prony. — Leçons de mécanique analytique données à l'École impériale Polytechnique. Paris, 1810, in-4°.

Rankine. — Manuel de mécanique appliquée, traduit par Vialay Paris, 1876, in-8°.

Redtenbacher. — *a.* Résultats scientifiques et pratiques destinés à la construction des machines. Heidelberg-Paris, 1868, in-8°. — *b.* Résultats scientifiques et pratiques destinés à la construction des machines. 2e édition avec notes du Dr Grashof. Paris, 1874.

— *c.* Principes de la construction des organes des machines. Paris-Heildelberg, 1872, in-8°.

Résal. — Mécanique générale. 6 vol. in-8°, 1873-1881.

Sonnet. — Dictionnaire des mathématiques appliquées. Paris, 1879, grand in-8°

Alph. Vautier. — Études sur les chemins de fer funiculaires. Lausanne, 1887.

Weisbach. — Meccanica delle costruzioni e delle macchine. Traduzione dell' Ing. G. Sacheri. Torino, 1888.

Aide-mémoire et formulaires.

Huguenin. — Aide-mémoire de l'Ingénieur (Traduction du manuel de la Société la Hütte). Paris, 1887.

Cl. de Laharpe. — Notes et formules. Paris, 1887 (6e édition).

Unwin (Cauthorne). — Éléments de construction de machines. Traduit par Bocquet. Paris, 1882.

TABLE DES MATIÈRES

1. — Indications préliminaires. 460
2. — Définitions et notations 461

PREMIÈRE PARTIE

Exposé historique.

I. — AUTEURS FRANÇAIS

a. — Cordes en chanvre.

3. — Coulomb et ses prédécesseurs 464
4. — Auteurs postérieurs à Coulomb. 476

b. — Câbles métalliques.

5. — M. Murgue. 482

II. — AUTEURS ANGLAIS

6. — Rankine. 483

III. — AUTEURS ALLEMANDS

7. — Eytelwein et Weisbach. 484
8. — Redtenbacher. 489
9. — G. Herrmann. 492

DEUXIÈME PARTIE

Examen critique des théories actuelles de la raideur.

Recherche d'une théorie rationnelle.

10. — Examen des théories de Coulomb, Weisbach et Herrmann 493
11. — Théorie de Redtenbacher. 496
12. — Altération et entretien des cordages en service 497
13. — Indications données par la théorie de l'élasticité. 500
14. — Tension d'incurvation 504

TROISIÈME PARTIE

Formules actuelles et formules proposées.

15. — Cordes en chanvre. Formules actuelles françaises et allemandes 507
16. — — — Expériences de Coulomb 509
17. — — — Formule proposée 514
18. — Câbles métalliques. Formules allemandes. 517
19. — — — Expériences de M. Murgue. Formules proposées. . . 518
20. — Comparaison entre la raideur des cordes en chanvre et celle des câbles métalliques. 522
21. — Influence du temps sur les enroulements. 522
22. — Conclusions 523
23. — Bibliographie 525

CHRONIQUE

N° 118.

SOMMAIRE. — Les machines fixes à l'Exposition universelle de 1889 *(suite et fin)*. — Réchauffeurs d'alimentation. — Origine de la machine compound. — Torpillage des puits à pétrole. — Cheminées en tôle.

Les machines fixes à l'Exposition universelle de 1889 *(suite et fin)*. — Si on examine les machines au point de vue de la disposition des bâtis, on constate que le type Corliss plus ou moins modifié a à peu près complètement remplacé tous les autres dans la pratique des constructeurs du continent; les machines exposées à Paris présentent à cet égard d'excellentes dispositions.

L'emploi de l'enveloppe de vapeur est également à peu près général; dans un grand nombre de cas, l'enveloppe est alimentée par la vapeur qui se rend aux distributeurs d'admission.

Au sujet de la distribution, il semble que les tiroirs ordinaires, si on en juge par les machines de l'Exposition, soient actuellement à peu près abandonnés par les constructeurs du continent pour les gros moteurs fixes. La difficulté de faire mouvoir de grands tiroirs avec de la vapeur à haute pression explique peut-être suffisamment cet abandon. Les soupapes à double siège sont employées par beaucoup de maisons, notamment par la Société anonyme de Marcinelle et Couillet, sur une très belle paire de machines d'extraction (de 1 200 chevaux, dit la pancarte posée sur l'appareil), par la Société de Construction mécanique de Bâle, par M. Windsor, de Rouen, et naturellement dans les machines du type Sulzer, construites tant par MM. Sulzer eux-mêmes, que par MM. Carels frères, de Gand; la première de ces deux maisons expose une soupape qui a été en service pendant quatorze ans sans avoir été rodée et dont les portées sont encore en parfait état. La longue et heureuse expérience que MM. Sulzer ont faite de cet organe comme distributeur est une garantie des excellents résultats qu'on peut en obtenir, lorsqu'il est bien disposé et fait avec une matière convenable. Néanmoins, le distributeur favori des constructeurs du continent paraît être, en ce moment, le distributeur Corliss, lequel, disposé de différentes manières et actionné par une infinité de systèmes de commandes, se rencontre plus qu'aucun autre type sur les grands moteurs d'usines.

On ne peut pas dire qu'au point de vue des distributions, il y ait beaucoup de neuf à l'Exposition, mais il y a certainement beaucoup de choses intéressantes. Parmi les commandes connues et éprouvées, il y a d'abord celle de Sulzer, représentée sur les machines de MM. Sulzer et de MM. Carels frères; les premiers les ont sur divers moteurs, notamment sur une belle paire de machines compound qui actionnent une partie de la transmission de la section française de la galerie des machines.

La commande Corliss est également bien représentée; le nouveau type de 1884 figure sur une belle paire de machines compound exposée par M. V. Brasseur, de Lille, et sur la grande machine de MM. Schneider et Cie, du Creusot, tandis que l'ancien modèle de commande Corliss figure sur les machines de MM. Lecouteux et Garnier, de Paris, et Farcot, de Saint-Ouen, lequel, par parenthèse, expose la plus grosse machine de l'Exposition. Des modifications de la commande dont nous nous occupons sont présentées par M. Berger-André, de Thann (Alsace), et par la Société anonyme des Ateliers de la Meuse, à Liège. Le premier de ces constructeurs a une paire de machines compound dans laquelle le mécanisme à déclic actionne les distributeurs d'admission seuls, tandis que ceux d'échappement, au lieu d'être commandés aussi par le plateau oscillant, le sont par des arbres portés par le bâti. Dans la machine de la Société de la Meuse, l'appareil de commande est très léger, les déclics agissent directement sur les tiges des soupapes d'admission, qui sont à double siège. Sur cette machine on doit signaler une disposition originale qui permet de régler la vitesse à volonté. Le régulateur est commandé par un disque à friction calé sur l'arbre du volant et par un autre porté par l'arbre du régulateur; ces deux disques ne sont pas en contact direct, mais ils sont reliés par deux autres disques dont la position peut être modifiée par une vis de rappel, de manière à faire varier le rayon suivant lequel ils sont en contact avec les autres disques; le rapport des rayons pouvant ainsi être changé, la vitesse de rotation du régulateur et, par suite, celle de la machine, se trouve modifiée à volonté.

La distribution Wheelock figure sur deux machines, le dernier type sur la machine compound des établissements de Quillacq, d'Anzin, et l'ancien sur une machine de M. V. Brasseur, de Lille.

Parmi les systèmes plus ou moins nouveaux de commandes de distribution qu'on rencontre à l'Exposition, on doit remarquer celui de M. Frikart, de Lille. Ce système date de quatre ou cinq ans et est déjà assez répandu sur le continent. On le trouve à l'Exposition sur trois machines construites par la Société alsacienne de Construction mécanique, à Belfort; par la maison Escher, Wyss et Cie, de Zurich, et par MM. Deville-Châtel et Cie, de Bruxelles. Il fonctionne avec une douceur parfaite.

La machine de la Société alsacienne est une machine compound à deux cylindres de 0,400 et 0,600 *m* de diamètre et 1,200 de course, établie pour développer une puissance de 250 chevaux à la vitesse de 75 tours par minute.

MM. Escher, Wyss et Cie ont une machine à distribution Frikart, également du type compound à deux cylindres, de 0,370 et 0,550 *m* de diamètre avec 0,800 *m* de course, devant fournir 150 chevaux à 80 tours par minute. La disposition et l'exécution de l'un et l'autre de ces moteurs sont très remarquables. Ils ont tous les deux des cylindres à enveloppe de vapeur et des arrangements pour le séchage de la vapeur pendant son passage du petit au grand cylindre; dans la machine de la Société alsacienne, le tuyau formant réservoir intermédiaire a une enveloppe de vapeur, tandis que dans la machine suisse il y a, entre les deux cy-

lindres, un *receiver* contenant des tuyaux où circule de la vapeur provenant de la chaudière.

La troisième machine où se rencontre la distribution Frikart, celle de MM. Deville-Châtel et C^ie^, est une petite machine à grande vitesse, d'un type exceptionnel. Les deux cylindres sont disposés en tandem; ils ont respectivement 0,220 et 0,400 *m* de diamètre avec 0,400 *m* de course, pour développer 80 chevaux à la vitesse de 175 tours par minute. Le cylindre à haute pression est derrière le cylindre à basse pression, et seul celui-ci a une chemise de vapeur.

Chaque cylindre a deux distributeurs d'admission et deux d'échappement, tous du type Corliss, les distributeurs du cylindre à haute pression étant à double orifice, tant pour l'arrivée que pour la sortie de la vapeur. Il n'y a pas de mécanisme à déclic, les distributeurs d'admission du cylindre à haute pression sont commandés par un excentrique à calage variable, contrôlé par un régulateur contenu dans le volant.

Le condenseur est sous le cylindre à basse pression et renferme la pompe à air qui est horizontale et dont le piston est mû par un levier relié à la tête de la tige des pistons principaux. Cette pompe à air est d'un modèle récemment introduit par MM. Pollet et Wigzell; elle n'a que des clapets de refoulement, l'entrée de l'eau et de l'air s'effectue par des orifices disposés au milieu de la longueur du corps de pompe et démasqués en temps voulu par le piston qui a, dans ce but, une assez grande épaisseur; cette pompe est à double effet.

En dehors de ces arrangements de commande de distribution, il y en a encore quelques autres qu'il est utile de mentionner. Ainsi, la Société anonyme Verviétoise, de Verviers, expose une machine horizontale à condensation dans laquelle la vapeur est admise par des tiroirs plans actionnés par un mécanisme du genre de celui de Proell, tandis que l'échappement s'effectue par des organes du type Corliss. La Société anonyme de Haine-Saint-Pierre présente une machine du système Hoyois, où les organes d'admission sont disposés dans les fonds du cylindre et sont déclenchés par l'action du régulateur; les distributeurs d'échappement sont sous les cylindres et mus par la tête de tige du piston. La Société du Phénix, à Gand, a une grosse paire de machines, un des rares moteurs puissants munis de tiroirs ordinaires, dans laquelle il y a des glissières de détente placées sur le dos des grands tiroirs et dont le mouvement est arrêté par des coins dont la position est réglée par le régulateur; seulement, ces coins sont disposés à l'extérieur au lieu d'être dans les boîtes à tiroir, comme dans la distribution classique de Farcot. C'est le système Hertay.

Le mécanisme de distribution de Proell existe sur deux machines, exposées par M. E. W. Windsor, de Rouen; et MM. Jean et Peyrusson, de Lille, ont une machine dont la distribution s'opère par quatre tiroirs plans, deux en dessus pour l'admission et deux en dessous pour l'échappement; les premiers sont commandés par un mécanisme à déclic d'une disposition très élégante, tandis que les derniers sont actionnés par des buttoirs reliés à la tête de la tige du piston. Cet arrangement fonctionne de la manière la plus satisfaisante.

Une autre machine à quatre tiroirs plans est celle qui est exposée par

la Compagnie de Fives-Lille ; seulement, les tiroirs d'admission, au lieu d'être sur le cylindre, sont sur le côté ; ils sont également actionnés par un mécanisme à déclic.

Une commande très originale, mais un peu compliquée, est employée sur une machine compound tandem, de M. Damey, de Dôle (Jura), et M. Dyckhoff, de Bar-le-Duc, expose une machine horizontale avec distribution du système Stoppani, dans laquelle l'admission s'effectue par des organes Corliss à double orifice, placés sous le cylindre et actionnés par une disposition assez heureuse de mécanisme à déclic. Le système Armington et Sims est exposé par M. Powell, de Rouen, ainsi que par MM. Greenwood et Batley, de Leeds (1); et. dans la section des États-Unis, on trouve la machine Brown, construite par MM. Charles Brown et C^ie^, de Fitchburg (Massachusetts), laquelle a des organes Corliss actionnés par un mécanisme à déclic d'une disposition très simple et très heureuse.

Si nous passons maintenant aux autres détails de construction, nous constatons que, pour les machines horizontales, à l'exception des plus petites, la pratique actuelle sur le Continent est de faire les grands paliers des arbres moteurs avec coussinets en quatre parties et serrage horizontal et vertical.

Des maisons de premier ordre donnent un serrage indépendant à chacun des deux coussinets verticaux, tandis que d'autres préfèrent, avec raison à notre avis, ne mettre de moyen de serrage qu'à un seul des deux. Quelquefois, le palier extérieur des arbres des machines à un seul cylindre est disposé, comme le palier intérieur, avec coussinets en quatre morceaux, tandis que, dans d'autres appareils, on voit employer le système anglais, qui consiste à n'avoir qu'un coussinet en deux parties pour le serrage vertical, et à pourvoir au réglage dans le sens horizontal par le déplacement du corps du palier sur sa plaque de fondation.

Pour les grands paliers, on emploie beaucoup de coussinets en fonte, garnis de métal blanc, au lieu de coussinets en bronze. Cette substitution paraît être en grande faveur sur le Continent.

Dans presque toutes les machines exposées, les surfaces de frottement sont largement proportionnées : c'est un des progrès les plus importants qui aient été réalisés depuis quelques années dans la construction.

Pour les guides de tête de piston, la forme cylindrique est employée par les grandes maisons, même pour les plus fortes machines, pour lesquelles, cependant, ses avantages sur les glissières planes sont proportionnellement moins appréciables que pour les petites. On rencontre également beaucoup de glissières planes, et il est curieux de constater que des maisons en renom emploient encore la forme en V qu'on trouvait si fréquemment sur les machines françaises à l'Exposition universelle de 1878. Cette forme a les inconvénients réunis des guides plans et des guides cylindriques, sans avoir aucun de leurs avantages, et on ne saurait comprendre comment elle peut être encore employée par des constructeurs soigneux.

Quant aux têtes des tiges de pistons, la seule chose à signaler pour ces

(1) Et par la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

pièces est la disposition qu'on rencontre dans quelques machines de MM. Weyher et Richemond, et qui consiste à prolonger la tige à travers l'axe et à employer le prolongement fileté et muni d'un boulon pour le serrage de l'articulation de la petite tête de la bielle motrice. Naturellement, l'axe est calé dans la tête à fourche de la bielle, et le trou par lequel la tige du piston le traverse est suffisamment élargi pour permettre l'oscillation de la bielle. Cette disposition est simple et élégante.

Un détail de construction très remarquable est la disposition du volant à bras en tôle de la machine à un seul cylindre de M. Farcot, laquelle est la plus grande des machines horizontales de l'Exposition. Ce volant a deux rangées de bras entretoisées ensemble; chaque bras est formé de deux tôles embouties assemblées par rivets, à la manière des volées de grues, Ce volant, de même que la machine tout entière, est un magnifique spécimen de construction mécanique.

L'emploi des pressions plus élevées et l'accélération de la vitesse des moteurs a fait reconnaître la nécessité de pourvoir les machines de moyens de graissage plus perfectionnés que ceux qui suffisaient autrefois ; c'est un progrès qu'on constate à chaque pas à l'Exposition.

Pour le graissage des cylindres, on trouve le plus souvent les graisseurs à débit visible ; mais quelques constructeurs emploient l'injection du lubrifiant en quantités connues et réglables à volonté au moyen d'un organe mécanique.

Ainsi, MM. Sulzer mettent sur leurs machines des petites pompes à huile actionnées par l'arbre longitudinal de distribution ; ces pompes prennent l'huile dans des graisseurs à débit visible.

D'autres constructeurs, au lieu de pompes, emploient des espèces d'injecteurs qui refoulent l'huile à chaque coup de piston par le choc d'une pièce mobile. On voit également employer fréquemment les graisseurs mécaniques de Drevdal. Pour les paliers des arbres moteurs et autres, on se sert généralement d'appareils à débit visible, souvent aussi des graisseurs à graisse solide de Stauffer. La machine où l'on trouve ce mode de graissage sur l'échelle la plus considérable est probablement la machine à triple expansion de MM. Weyher et Richemond, sur laquelle les graisseurs Stauffer sont reliés par des tuyaux articulés aux têtes des tiges de pistons et autres pièces mobiles, pour assurer la lubrification de ces parties pendant une marche de grande durée sans arrêt.

Réchauffeurs d'alimentation. — Nous trouvons dans les publications de l'*Office of naval intelligence* (juin 1889) une note sur l'emploi des réchauffeurs d'alimentation dans les machines marines, emploi qui s'est beaucoup répandu depuis ces dernières années.

Le réchauffage de l'eau d'alimentation avant son introduction aux chaudières est une idée très ancienne qu'on a appliquée sans grand succès et abandonnée il y a déjà longtemps. Ce réchauffage s'effectuait de diverses manières, en empruntant la chaleur emportée en pure perte, soit par les gaz de la cheminée, soit par l'eau d'extraction, soit, enfin, par la vapeur, à son passage des cylindres au condenseur.

La première méthode avait l'inconvénient, en réduisant la tempéra-

ture des gaz, de diminuer le tirage ; cette objection n'existe plus avec le tirage forcé. Lorsqu'on alimentait les chaudières à l'eau de mer (avant l'emploi devenu général du condenseur à surface), on faisait des extractions, c'est-à-dire qu'on évacuait d'une manière, soit périodique, soit continue, une partie de l'eau de la chaudière pour maintenir la concentration du sel au-dessous d'une certaine limite. On utilisait partiellement le calorique emporté à la mer par l'extraction, pour réchauffer l'eau d'alimentation. Comme, de plus, ce réchauffage avait lieu entre la pompe et la chaudière, le fonctionnement de la première n'était pas affecté. Ce procédé n'est plus possible depuis qu'on alimente les chaudières avec l'eau distillée provenant de la condensation de la vapeur par surface. Enfin, la différence de température entre la vapeur d'échappement et le condenseur est trop peu considérable pour qu'il soit possible de l'utiliser sans des appareils qui deviendraient très volumineux et, dès lors, peu pratiques.

Depuis l'introduction des machines à triple et même quadruple expansion et les pressions élevées, on a réintroduit l'emploi des rechauffeurs d'alimentation, mais dans des conditions différentes et avec des résultats qui paraissent satisfaisants.

On semble avoir laissé de côté la question d'économie de combustible et s'être surtout attaché à réaliser un avantage d'un autre ordre, qui, à lui seul, justifierait largement l'emploi de ces appareils, savoir : la réduction de la différence entre la température de l'eau qui entre dans la chaudière et la température de cette dernière, et, par suite, la diminution des dilatations et contractions inégales qui déterminent des efforts considérables sur le métal dont sont construits les générateurs. De plus, ces rechauffeurs sont disposés de manière à séparer de l'eau l'air qu'elle contiendrait, ainsi que les matières grasses et autres impuretés. Ce nettoyage préalable de l'eau a une grande importance au point de vue de la conservation des chaudières et de leur bon fonctionnement.

Au lieu d'emprunter de la chaleur aux sources que nous avons indiquées plus haut, on la prend actuellement aux réservoirs intermédiaires et même à la chaudière. Dans le système Weir, la vapeur est empruntée au réservoir intermédiaire des machines compound et on constate une économie d'environ 8 %; mais cette économie est réduite de moitié, si on tient compte du travail que la vapeur ainsi distraite aurait effectué au cylindre à basse pression; autrement dit, on dépense moins de combustible, mais la machine fait un peu moins de travail.

Dans le système Kirkaldy, la vapeur est empruntée directement aux chaudières et passe dans une série de tubes enveloppés par l'eau d'alimentation dans son passage de la pompe à la chaudière, l'eau condensée va à la bâche pour être à son tour refoulée à la chaudière. L'appareil est muni de regards pour enlever les impuretés déposées par l'eau. Ce système est employé sur beaucoup de navires, surtout en Angleterre, et on a toujours constaté une certaine économie, ce qui paraît difficilement explicable puisque la vapeur étant prise directement aux chaudières, on ne voit pas pourquoi on dépenserait moins de calorique avec rechauffeur que sans rechauffeur pour la même puissance produite. De plus, la pression est plus facile à maintenir, surtout pendant le décrassement des

grilles. Quoi qu'il en soit, l'article dont il s'agit contient une liste de sept ou huit navires dans lesquels le rechauffage de 50 à 100 ou 110° de l'eau d'alimentation a amené une réduction journalière de la consommation de combustible variant de 1 à 2,5 *t.*

Origine de la machine compound. — La *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie* contient, dans son numéro d'août 1889, une étude de M. Dwelshauvers-Dery sur la machine à vapeur à l'Exposition de 1889, où se trouve le passage suivant relatif à une question historique d'un grand intérêt.

Ce que l'on ne sait généralement pas, c'est que la Hollande a le droit de revendiquer pour l'un de ses ingénieurs les plus distingués, M. Roentgen, l'honneur d'avoir, le premier, conçu l'adaptation du système compound aux exigences de la navigation exactement avec les dispositions aujourd'hui généralement adoptées. Ce qui suit est extrait d'une lettre que M. Kraft, le savant ingénieur de la Société Cockerill, nous a adressée à ce sujet à la date du 26 mai de cette année :

« ... Lorsque la brochure remarquable de M. A. Mallet, *Etude sur les nouvelles machines marines* (1), a paru, j'ai été frappé et intrigué de ce qui y est dit, page 55, sur le brevet pris en 1834 par Ernest Wolff sous le numéro 6 660, et qui est la description exacte de la machine compound moderne. Le chantier Cockerill, à Anvers, était alors dirigé par M. Ch. Heidel. Cet ingénieur, né à Bonn en 1805 et mort en 1882, a pris la direction du chantier d'Anvers en 1843, après avoir été depuis 1827 au chantier de Fynoordt, près Rotterdam. Là, il était le collaborateur de M. Roentgen, directeur des établissements de Fynoordt. Ayant accidentellement parlé à M. Heidel de la brochure de M. Mallet et du brevet Wolff qui m'intriguait tant, il m'a dit : « Je puis aisément vous expliquer » la chose. Les machines que l'on appelle compound maintenant ont été » imaginées par M. Roentgen, et Wolff, je crois, un israélite allemand » ou hollandais, établi en Angleterre, a été l'agent de M. Roentgen et c'est » en son nom que le brevet anglais a été pris. »

» Il a ajouté que plusieurs de ces machines avaient été construites pour l'Allemagne, la Hollande et la Russie...

» Roentgen avait proposé ses machines à M. Cockerill qui a décliné la proposition... M. Heidel m'a dit de plus que Roentgen était un homme à grandes idées et, en beaucoup de choses, en avant de son temps. Il vivait à une époque où l'on passait du voilier au steamer, du bateau en bois à celui en fer, et bien de ses idées qui alors faisaient sourire ont été reprises et adoptées plus tard. Avec la machine compound, c'était sans doute la même chose. Roentgen en avait déjà fait, ensuite la chose a été oubliée pour être *réinventée* plus tard. J'ai vu, il y a déjà assez longtemps, une vieille machine compound sur un petit bateau de passage à Ruhrort. Si je me souviens bien, elle a été construite à Sterkrade, et je suis persuadé qu'elle trouve aussi son origine dans les idées de Roentgen qui avait beaucoup de rapports avec la navigation sur le Rhin. Et en Russie aussi, il semble que des machines du système Roentgen se soient main-

(1) Société des Ingénieurs Civils, 1873, p. 821 et suiv.

tenues sur les fleuves russes, et nous l'ignorions ici à l'Occident! C'est Seraing qui a construit la première compound pour le Volga et l'on pensait alors que c'était quelque chose de tout à fait nouveau!... »

Les titres de Roentgen à l'invention de la machine compound ne sont pas aussi généralement ignorés que paraît le penser M. Dwelshauvers-Dery.

En effet, dans le rapport sur la cinquième question, ***Machines à vapeur à détente en cylindres successifs***, du Congrès international de mécanique appliquée, rapport rédigé par nous au mois de mai de cette année, avant la correspondance de nos collègues, MM. Dwelshauvers-Dery et Kraft, nous nous exprimions comme suit au sujet de l'origine de la machine compound :

« Le 20 février 1834, fut déposée à Mulhouse, par la maison André Kœchlin et Cie, une demande de brevet d'importation de dix ans pour une ***machine expansive à cylindres indépendants et combinés***. Le 24 octobre de la même année, une demande de patente fut faite en Angleterre par un nommé Ernest Wolff, à titre de communication d'un étranger et pour la même invention.

» Dans ces brevets, l'inventeur, après avoir insisté sur les inconvénients de la machine de Woolf et sa complication pour les usages qui exigent deux machines avec manivelles à 90 degrés, revendique la combinaison de machines complètes recevant successivement chacune la vapeur de la précédente et agissant sur le même arbre ou sur des arbres différents reliés ou non ensemble. Il indique la présence d'un réservoir intermédiaire, placé au besoin à la base de la cheminée, pour recueillir la chaleur perdue des gaz, la mise en train au départ par l'envoi de vapeur vive au réservoir intermédiaire, la transformation des machines existantes par le remplacement d'un des cylindres, etc. Le dessin annexé représente le système compound, tel que nous le connaissons aujourd'hui, appliqué à une machine de bateau à balanciers (1).

» Les brevets dont il vient d'être question comprennent absolument tout ce qui concerne la machine compound actuelle, et sont évidemment rédigés par la main d'un homme du métier. Il n'y manque que le nom de l'auteur, qui n'est mentionné dans aucune des pièces y relatives. Des recherches faites dans les archives de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, qui a succédé à la maison André Kœchlin, n'ont produit aucun résultat.

» Lors de nos investigations, nous reçûmes de M. Tideman, ingénieur en chef de la marine néerlandaise, à Amsterdam, communication de précieux renseignements sur un certain nombre de machines à haute et basse pression, construites, antérieurement à 1844, dans les ateliers de Feyenoord, près Rotterdam.

» Le premier des navires faisant l'objet des renseignements de M. Tideman était le ***James Watt***, bateau à roues, dont la machine à haute

(1) Ce dessin est reproduit dans le mémoire inséré au *Bulletin* de 1873 de la Société des Ingénieurs Civils. Dans ce mémoire, faute d'avoir remarqué, dans la patente au nom de Wolff, la mention de « communication d'un étranger », nous avions attribué à Wolff l'invention de la machine en question. Cette erreur a été réparée dans l'article de la *Revue Industrielle* de 1879, mentionné plus loin.

pression, à deux cylindres de 0,507 *m* de diamètre, fut modifiée par le remplacement d'un des cylindres par un de 1,37 *m* et par l'addition d'un condenseur; le bateau reçut alors le nom de *Stad Keulen* (Ville-de-Cologne). Cette modification date de 1829.

» La même année, la machine à deux cylindres de 0,532 *m* de diamètre du vapeur *Aggripina* reçut un troisième cylindre de 1,37 *m* de diamètre, prenant la vapeur à un réservoir où évacuaient les deux autres cylindres. Cette machine fut mise dans un autre bateau qui reçut le nom d'*Hercule*. La liste comprend encore seize autres navires, dont plusieurs pour les Compagnies de navigation du Danube et de l'Elbe; elle a été donnée, avec les dimensions principales des machines, dans la *Revue industrielle* du 12 mars 1879.

» Le rapprochement de ces faits et de leur date avec les patentes prises sous les noms de Wolff et André Kœchlin pour le compte d'un tiers, et des indications que nous avons trouvées dans un mémoire sur les machines compound de M. Schrœter, professeur à l'École polytechnique de Munich, permettent de conclure que l'inventeur de ce genre de machines n'était autre que le constructeur hollandais Roentgen, fondateur de l'usine de Feyenoord. »

Toutefois, il nous paraît juste de produire un témoignage qui semblerait faire encore planer quelque doute sur un point. Nous avons reçu ces jours-ci une lettre de notre collègue, M. J. de Koning, dans laquelle se trouvent les lignes suivantes :

« A la suite de la conversation que nous avons eue ensemble sur l'origine de la machine compound, j'ai trouvé, dans le *Bulletin* de l'Institut des Ingénieurs Néerlandais, une note de la main de M. Löhnis qui, il y a quelques années, était ingénieur des ateliers de construction de Feyenoord. Il conclut que, bien qu'on ait construit à Feyenoord des machines compound dès le commencement, il ne saurait être affirmé que ces machines y eussent été inventées : on n'en a trouvé aucune preuve dans les archives de l'établissement. M. Löhnis a feuilleté au Ministère des travaux publics les registres des patentes de 1826 à 1837 : il a trouvé que, dans cette période, Roentgen avait obtenu 12 brevets d'invention ou d'importation dont, cependant, aucun n'avait rapport aux machines compound. »

Il y aurait ainsi une certaine contradiction entre les dires de MM. Heidel et Löhnis. Toutefois, si la question relative aux brevets ne paraît pas complètement élucidée, il n'y a aucun doute sur le fait matériel que des machines compound ont été construites à Feyenoord d'une manière régulière depuis une époque très reculée, remontant aux environs de 1830.

Torpillage des puits à pétrole. — Les journaux américains annoncent la mort, à Titusville, en Pensylvanie, d'un certain Dr W. Roberts, qui a joué un rôle important et original dans l'industrie de l'extraction du pétrole. Il était connu sous le nom de «Roi des torpilles» *(Torpedo-King)*, et voici pourquoi :

Ce Roberts était d'abord dentiste à New-York. Lors du mouvement extraordinaire qui se produisit au début de la découverte de l'huile et qu'on a appelé la « fièvre du pétrole », il alla en Pensylvanie avec la

foule qui s'y portait. Il prit bientôt avec son frère, le colonel Roberts, une patente pour un procédé ayant pour but de dégager le fond des puits et d'accroitre leur débit, en y faisant détoner de la nitro-glycérine.

L'idée était fort simple, et elle réussit à merveille. On employait un tube d'étain qu'on remplissait de l'explosif et qu'on descendait par une corde au fond du puits, à 300 *m* dans certains cas, puis on laissait tomber le long de la corde un poids annulaire qui, heurtant violemment le tube, provoquait l'explosion. Si l'on pense qu'il y a eu, dans la région pétrolifère de Pensylvanie, de 15 000 à 25 000 puits, et que chacun pouvait être soumis au torpillage à des intervalles périodiques, on juge de la fortune que firent en peu de temps les Roberts, qui demandaient le prix qu'ils voulaient. On parle de 15 à 20 millions de francs gagnés en très peu de temps.

A la longue, les exploitants se lassèrent de payer et attaquèrent la validité de la patente. Il y eut un procès ; mais, finalement, la Cour Suprême des États-Unis donna raison aux patentés. Les Roberts avaient des agents qui couraient le pays avec des chariots à un ou deux chevaux, chargés de nitro-glycérine, quelquefois jusqu'à 600 *kg*. L'habitude de braver le danger faisait qu'ils conduisaient leurs attelages sans beaucoup plus de précaution que s'ils portaient du bois ou du sable. On ne dit pas combien d'accidents il a pu arriver avec cette manière de procéder, et combien le Roi des torpilles avait de vies humaines sur la conscience.

Cheminées en tôle. — Les cheminées en tôle sont devenues d'un usage très fréquent ; elles ont cependant l'inconvénient d'exiger un entretien pour les préserver de la rouille qui, sans cela, les détruirait très rapidement. L'*American Artisan* conseille de les peindre avec du coaltar et ensuite de les remplir de copeaux auxquels on met le feu. Le goudron brûle et se calcine en remplissant les pores du métal, et formant une légère croûte de carbone adhérent qui empêche tout contact avec l'air et l'humidité. On cite une cheminée traitée par ce procédé en 1866 et qui n'a jamais eu besoin depuis du moindre entretien.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1889

Rapport de M. Édouard Simon, sur **la fouleuse à mouvement alternatif de MM. Pierre et Amédée Barette,** à Romilly-sur-Andelle (Eure).

Dans les fouleuses à cylindres, pour prévenir certaines déformations permanentes dans les dessins des étoffes, on avait jusqu'ici pour seules ressources de découdre la pièce, lorsqu'elle avait cheminé pendant un certain temps dans un sens, pour la recoudre bout par bout et la faire repasser à travers la machine en sens contraire, de manière à effacer les plis en voie de formation et à redresser les lignes du dessin. Les inconvénients d'une semblable méthode sont nombreux.

MM. Barette frères ont eu l'idée de renverser le mouvement des cylindres qui peuvent tourner tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Le renversement de la marche s'opère par des organes commandés par un levier que manœuvre le conducteur de la machine, lorsqu'une sonnerie, reliée à un compteur de tours, lui indique qu'il est temps de changer le sens de la marche.

Notice nécrologique sur M. Legentil, par M. C. Lavollée.

Communication de M. H. Mamy sur **le développement pris par l'Association des Industriels de France pour préserver les ouvriers des accidents du travail.**

L'Association parisienne des Industriels pour préserver les ouvriers des accidents du travail, créée en 1883, sous la présidence de M. Émile Muller, sur le modèle de l'Association de Mulhouse, fondée en 1867 par M. Engel Dollfus, s'est transformée dans un but d'intérêt général et est devenue l'Association des Industriels de France, ayant comme groupes certaines des Associations régionales qui existaient déjà.

Aujourd'hui, cette Association comprend près de 800 membres; elle exerce son action dans 15 départements et sur plus de 80 000 ouvriers.

Note sur **le développement de l'agriculture en Nouvelle-Calédonie.** (Extrait du *Génie Civil.*)

Expériences sur les becs et lampes à gaz, par M. LAMANSKI. (Extrait du *Zapiski.)*

Ces expériences ont été faites sur différents appareils d'éclairage de l'Exposition d'éclairage et de l'industrie de naphte à Saint-Pétersbourg, en 1888. Ces appareils étaient divisés en quatre types : 1° les becs fendus ; 2° les lampes d'Argand ; 3° les becs incandescents ; 4° les becs régénérateurs.

On avait disposé une chambre photométrique contenant les appareils nécessaires : un photomètre de Bunsen, un réservoir à gaz de 600 *l*, deux mesureurs de gaz, des régulateurs, deux lampes normales d'Argand, des appareils pour mesurer les poids spécifiques des gaz, etc.

On mesurait chaque soir la puissance lumineuse du gaz et son poids spécifique.

Nous nous bornerons à reproduire sommairement les résultats principaux obtenus pour chaque groupe d'appareils.

1° *Becs fendus.* — Les expériences ont montré que le bec Brays, n° 1, donnait la plus grande puissance lumineuse, savoir : une dépense de 12,6 *l* à l'heure pour une bougie. Des expérences faites avec le gaz de Berlin avaient donné pour ce bec une dépense de 9 *l* pour la même puissance. C'est donc le bec le plus économique de ce type, lequel d'ailleurs, comme on le verra plus loin, est loin d'être le plus avantageux.

2° *Lampes d'Argand.* — Les expériences faites avec les brûleurs de ce type, depuis les becs Flourcheim jusqu'au bec Galy, donnent une dépense de gaz de 9 à 15 *l* par bougie ; 9 peut être considéré comme représentant la dépense minimum.

3° *Becs incandescents.* — On a opéré sur deux becs de ce genre : le bec avec cône en fils de platine de Selon et Lewes, de Londres, et celui de Auer von Welsbach, de Vienne. Le premier a dépensé 10,4 *l* et le second 9,7 par bougie ; ces appareils sont d'ailleurs très délicats.

4° *Becs régénérateurs.* — La plus grande économie de gaz est réalisée dans les grandes lampes à régénérateur de Siemens, Beughem, Sugg (Cromartie), dépensant 4,2, 4,5, et 4,8 *l* par bougie et par heure. Les petits modèles de même construction dépensent notablement plus, ce qui s'explique par la perte de chaleur par rayonnement qui est relativement plus grande dans les derniers.

On voit que les régénérateurs sont trois fois plus économiques que les becs fendus et deux fois plus que les lampes d'Argand.

Culture de l'indigo en Chine, par M. JONES. (Traduit du *Scientific American.)*

Fabrication du papier au Japon. (Traduit du *Zapiski.)*

Analyse des produits fabriqués en caoutchouc, par M. KISSLING. (Traduit du *Chemische Industrie.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUILLET 1889

Des ondes liquides non périodiques et en particulier de **l'onde solitaire**, par M. FLAMANT, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le but de cette note est de compléter, par un travail analogue sur les ondes non périodiques, ou intumescences ou encore ondes de remous, un exposé donné précédemment par l'auteur *(Annales des Ponts et Chaussées*, 1888, 1er semestre) de la théorie actuelle des ondes liquides périodiques.

Notice sur **les écluses et le barrage de Suresnes**, par M. LENEAU, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les nouveaux ouvrages qui composent la retenue de Suresnes ont été faits pour assurer le mouillage de 3,20 *m* dans la traversée de Paris; l'ancienne écluse de 120 *m* de longueur et 2,20 *m* de tirant d'eau a été conservée, mais on lui a adjoint deux nouvelles écluses de 3,20 *m* de tirant d'eau et trois nouveaux barrages à côté des écluses en tête des trois bras de la Seine.

Ces ouvrages commencés au mois de mai 1880 ont été mis en service, la grande écluse en juillet 1882, la petite en septembre 1884 et les barrages en avril 1885.

La grande écluse a 199,50 *m* de longueur et 12 de largeur dans les têtes, la petite 56 *m* de longueur et la même largeur.

Les barrages sont à fermettes métalliques et fermetures à rideaux pour la passe navigable et vannes pour la passe déversoir. Les rideaux sont du système bien connu de M. l'Ingénieur en chef Caméré.

La dépense totale, y compris 135 000 *f* pour achats de terrains, s'est élevée à 7 194 305 *f*, ce qui, par la décomposition des chiffres, donne pour la passe navigable de Suresnes, un prix de 12 226 *f* par mètre courant, pour la passe déversoir 7 727 *f* et pour l'ensemble du barrage qui présente un front de 197 14 *m* un prix général de 10 375 *f* par mètre courant pour une hauteur de chute de 3,30 *m*.

ANNALES DES MINES

3me livraison de 1889.

L'École des Mines de Paris. — Notice historique, par M. AGUILLON, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Ce travail très important contient quantité de renseignements intéressants et peu connus sur l'origine de l'administration des mines et de l'enseignement des mines et de la métallurgie en France, et son développement successif jusqu'à l'organisation actuelle.

Les mines furent d'abord rattachées à l'administration des finances, à raison des droits à la perception desquels elles donnaient lieu, dès 1740, à la suite du rachat de la charge de grand maître des mines et minières de France, dont la maison de Condé était titulaire, mais dès 1764 l'institution des concessions et l'administration technique des mines échappaient déjà au contrôle général des finances, pour former avec l'agriculture un département particulier.

On s'occupa dès lors de la création d'un enseignement relatif aux mines et à la métallurgie, dont le premier embryon fut l'établissement, dans une des salles de l'Hôtel des Monnaies, à Paris, de leçons publiques et gratuites de minéralogie et de métallurgie docimasique confiées à Sage, membre de l'Académie des Sciences et commissaire des monnaies.

En 1780, Bertin, pour lequel avait été créé le département dont il vient d'être question, le quitta, et celui-ci disparut avec lui. Les mines retournèrent au département des finances et le service fut remis entre les mains des intendants de commerce des provinces qui, au nombre de quatre, créèrent chacun un inspecteur général pour ce service. Mais cette décentralisation dura peu et, dès la retraite de Necker, en 1781, il fut établi une intendance générale des mines, analogue à l'intendance générale des ponts et chaussées, dont la création amena celle d'une école de mines et de règlements pour l'exploitation des mines métalliques et des mines de houille. L'école fut établie à la Monnaie, et Sage, dont il a été question plus haut, en fut nommé directeur.

A la Révolution, il fut question de fusionner le service des mines avec celui des ponts et chaussées, mais il ne fut pas donné suite à ce projet et l'École s'éteignit en fait, sans avoir été légalement supprimée, par la suspension du fonctionnement du service prononcée par l'Assemblée constituante en 1790.

Le Comité de Salut public, sous l'influence de Hassenfratz, institua, en 1794, une agence des mines composée de trois membres, ayant sous sa direction un corps des mines composé d'inspecteurs, d'ingénieurs et d'élèves. Ce corps fut établi dans l'hôtel de Mouchy, rue de l'Université, et on s'occupa de l'installation dans ce local d'une école où devaient être enseignées la minéralogie, l'extraction des mines, la docimasie et la métallurgie. Du 2 au 26 septembre 1794 eut lieu le premier concours pour le choix des élèves. Deux seulement furent admis, mais des examens successifs eurent lieu chaque mois ensuite, jusqu'à ce que le nombre réglementaire de quarante élèves fût atteint. Parmi ceux-ci, on peut signaler Haüy et Vauquelin.

Cette organisation dura jusqu'à 1802, où un arrêté des consuls supprima de fait l'école des mines de Paris pour transporter l'institution en Savoie, à Pesey, dans le département du Mont-Blanc, où existait une exploitation de plomb argentifère, dont les produits devaient faire face aux dépenses de l'école.

En réalité l'école fut installée à Moutiers et reçut la dénomination

d'École pratique du Mont-Blanc. L'enseignement y fut régulièrement donné jusqu'en 1814 où l'invasion de la Savoie amena la suppression matérielle de l'école.

A la Restauration, l'hôtel de Mouchy où les collections n'avaient pas cessé d'être conservées, malgré la translation de l'école, fut restitué à son propriétaire et l'administration des mines loua l'hôtel du Petit-Luxembourg où, à peine installée, elle dut l'abandonner pour aller à l'hôtel Vendôme, rue d'Enfer, où elle est encore aujourd'hui, bien que ce local ait subi des transformations successives dont une dernière l'a mis en façade sur le boulevard Saint-Michel.

Nous nous sommes contenté d'indiquer les étapes purement matérielles de l'École des mines jusqu'à son installation dans son emplacement définitif. On trouvera dans le travail de M. Aguillon tout ce qui concerne le régime de l'École sous les divers gouvernements qui se sont succédé jusqu'à l'époque actuelle. Des annexes donnent des renseignements, groupés sous forme de tableaux, sur les cours, ainsi que sur les collections, le bureau d'essai, l'effectif des élèves, etc.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District de Bourgogne

Séance du 26 mai 1889 à Montceau-les-Mines.

Communication de M. Druges sur le **Compresseur Burckhart.**

Ce compresseur, dont plusieurs exemplaires ont été récemment installés au puits Sainte-Eugénie, est caractérisé par une disposition nouvelle des organes de la distribution, par le mode de refroidissement et par le graissage. La distribution se fait par un tiroir commandé par un excentrique ; de plus, un artifice aussi simple que rationnel permet d'annuler à peu près complètement l'effet nuisible des espaces morts.

Il n'y a pas d'injection d'eau à l'intérieur du cylindre compresseur, le refroidissement est opéré par une circulation d'eau autour du cylindre ainsi que dans les fonds. Le graissage s'opère par un graisseur dont le fonctionnement est fondé sur le jeu des différences de pression qui s'établissent dans le cylindre pendant la course du piston.

On a constaté aux essais à Montceau-les-Mines un rendement en volume de 95 0/0 et en travail de 75.

Communication de M. Bonnotte sur la **traction mécanique au moyen de treuils de mines.**

L'auteur a étudié un dispositif pour faire servir les treuils de mines à vapeur ou à air comprimé à la traction mécanique, au moyen du système corde-tête et corde-queue.

Communication de M. DE BOISSET sur les **chaudières du puits Sainte-Eugénie.**

Ces chaudières, au nombre de 17, ayant une surface de chauffe collective de 1 351 m^2, appartiennent à divers systèmes : tubulaire, à bouilleurs, etc. Comme il n'était pas possible d'obtenir la production de vapeur nécessaire pour les besoins de l'exploitation et que la place manquait pour installer de nouvelles chaudières, on a ajouté à l'avant de quelques-unes des chaudières actuelles un appareil Mac Nicol de 42 à 50 m^2 de surface de chauffe, ce qui a permis de porter la surface de chauffe totale à 1 931 m^2. On a ainsi obtenu la quantité de vapeur nécessaire et cela sans augmentation dans la consommation de combustible.

Un des avantages de cet appareil réside dans la circulation très rapide de l'eau, qui supprime absolument toute incrustation dans les tubes.

Note de M. GRAILLOT sur les **nouveaux ateliers de criblage et de lavage du port.**

Cet atelier comprend six cribles à secousses et sept tables de lavage ; il peut cribler 10 000 *hl* et en laver 8 000 par jour. La différence, soit 2 000 *hl*, représente le purgé de menu trié à la main et les déchets de triage. La puissance motrice est fournie par une machine Corliss de 250 chevaux, dont la puissance a été calculée pour suffire à la commande de l'atelier définitif, lequel devra cribler 20 000 *hl* par jour, et à celle des machines dynamos nécessaires à l'éclairage électrique.

Communication de M. MARLE sur les **lavoirs** et la **presse à boulets ovoïdes.**

Le lavoir du système Lemière permet de diviser, avec le même appareil et en une seule opération, le charbon en quatre classes : le charbon pur, le schiste, et les deux qualités de barrés ; seulement, lorsqu'on opère le lavage sur des poussières, une partie du charbon pur et fin s'en va dans les barrés et est perdue.

On a essayé, pour remédier à cet inconvénient, d'opérer une sorte de filtrage par toile métallique ; mais ces toiles donnent lieu à des difficultés et à un trop grand entretien. La question a été résolue par une modification du lavoir employé à Commentry, qui permet d'obtenir les mêmes avantages sans les inconvénients précités.

Les mines de Blanzy emploient pour la fabrication des boulets ovoïdes une presse de MM. Zimmermann, Hanrez et C^ie^, de Monceau-sur-Sambre, construite par MM. Crozet et C^ie^, au Chambon.

Cette presse comporte deux paires de cylindres de 0,65 *m* de diamètre, avec 3, 4 et 5 rangées d'alvéoles ayant le grand axe suivant les génératrices. La production, à 5 tours par minute, peut atteindre 7 000 *kg* à l'heure. Le travail absorbé est de 20 chevaux environ.

On fabrique également des briquettes perforées au moyen d'une ancienne presse Biétrix, dont les alvéoles primitives ont été divisées en trois compartiments, et où a été appliquée une disposition de piston due à M. de Place, ingénieur directeur des houillères de Rochebelle (Gard). Les briquettes ont 6 et 8 trous ; la presse peut en fabriquer 2 500 *kg* à l'heure.

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 3 août 1889.

Dromographe système La Roulle.

Cet appareil a pour but d'enregistrer la marche d'un moteur quelconque, avec toutes ses particularités et ses détails, changements de vitesse, arrêts, etc. Le principe consiste à relier l'appareil à l'arbre moteur ou axe de la machine, véhicule, etc., de manière à lui donner un mouvement dépendant de la force motrice, mais sans liaison rigide. Ce mouvement de rotation actionne une came qui soulève peu à peu un style à ancre en l'éloignant du centre, en même temps que le cadran de l'appareil reçoit un mouvement régulier de rotation d'un mécanisme d'horlogerie.

Le style marque donc une courbe sur le cadran. Par la combinaison de ces deux mouvements, on obtient un tracé en coordonnées polaires, qui représente toutes les circonstances de la marche.

M. Chansselle a eu occasion de constater le bon fonctionnement de cet appareil sur une locomotive du chemin de fer des mines de Roche-la-Molière.

Note de M. Rateau sur un **ventilateur soufflant pour forges.**

Ce ventilateur, destiné à souffler des cubilots, n'a qu'une ouïe pourvue d'un pavillon; il y a 20 palettes en tôle d'acier implantées par un de leurs bords dans une roue pleine en bronze de forme toro-conique, placée en porte-à-faux à l'extrémité de l'arbre moteur. Ces palettes ont une forme spéciale, doublement courbe et coupant la couronne sous un angle de 45°. Autour de la couronne s'enroule une volute en fonte composée d'une partie plate ou diffuseur et d'une partie à section circulaire ou collecteur :

Ce ventilateur a été soumis à de nombreux essais. On a constaté que, pour des nombres de tours par minute n, variant de 724 à 1 820, et des pressions en millimètres d'eau correspondantes h de 40 à 256, le rapport $\frac{n^2}{h}$ reste pour ainsi dire rigoureusement constant, ce rapport ne dépassant jamais de plus de 1 0/0 la moyenne, qui est de 13,054; or, cet écart rentre dans les limites d'erreur des expériences. Le programme qu'on s'était proposé dans la construction de cet appareil, savoir, de fournir, à la vitesse de 1 200 tours par minute, 2 *m* d'air par seconde à une pression de 100 *mm* d'eau, a été parfaitement rempli. Ce ventilateur a été construit avec le plus grand soin par la maison Biétrix, de Saint-Etienne.

Communication de M. Mortier sur un **ventilateur volumogène** de son système.

Le ventilateur volumogène est une roue pneumatique qui fonctionne comme une pompe; la circulation de l'air s'y fait lentement et sans perte de charge sensible. Ceux de ces appareils qui existent, tels que le

ventilateur de Root, ont toutefois le double inconvénient d'un faible débit par rapport à leur volume et d'une installation coûteuse.

L'auteur a cherché à créer un appareil à l'abri de ces objections. Il est fondé sur un principe cinématique qu'il serait impossible de faire comprendre sans l'aide de figures. Un ventilateur de ce système figure à l'Exposition. Le rendement dynamique a atteint 75 0/0 et le rendement en volume a été jusqu'à 95,3 0/0.

Analyse par M. Clerc d'un rapport sur le **gaz à l'eau** de M. Saillard.

Ce rapport examine la question du gaz à l'eau en Allemagne et en Autriche, sous le rapport de la production, du prix de revient et des applications, notamment à la métallurgie, aux industries diverses, aux moteurs à gaz et à l'éclairage. Il conclut que la production est sans aucun danger, mais que, pour la consommation, la question est moins nette : toutefois, si on odorise suffisamment le gaz à l'eau, le danger qu'il présente est comparable à celui du gaz de houille.

Transmetteurs hydrauliques et compensateurs de dilatation.

C'est un résumé d'une communication de notre collègue, M. D. Stapfer, à la Société scientifique industrielle de Marseille, sur l'emploi réalisé par lui de conduites d'eau pour la transmission de la manœuvre au gouvernail des grands navires. La compensation se fait par un accumulateur placé sur chaque conduite. Cette disposition très simple résout un problème assez difficile et paraît susceptible de nombreuses applications.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 40. — *5 octobre 1889.*

Nouvelles machines de la station de la Margrafenstrasse, de la Société générale d'éclairage électrique, à Berlin.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction des ponts métalliques, par G. Barkhausen *(suite)*.

Avenir des machines à grande vitesse, par Otto Müller jun.

Groupe de la Haute-Silésie. — Les abattoirs de Benthen et les appareils pour l'épuration des eaux. — Machines frigorifiques et leurs applications.

Groupe de Saxe. — Eclairage au lucigène. — Traitement des eaux ammoniacales. — Nouvelle chaudière avec l'eau dans les tubes.

Patentes.

Bibliographie. — Installation et conduite des chaudières à vapeur, par H. von Reiche, II[e] partie, ouvrage refondu par R. Weinlig.

Correspondance. — Chemin de fer monorail, système Lartigue.

Variétés. — Chemin de fer des Andes. — Expériences sur les alliages d'aluminium. — Expériences sur les poêles d'appartement. — Ecole de construction de machines de Neustadt.

N° 41. — *12 octobre 1889.*

Observations sur la distribution de force par l'air comprimé à Paris, par le Dr Weyrauch.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Ventilation automatique pour ateliers, etc., par Fried. Bode.

Chemins de fer. — Chemin de fer à adhérence et à crémaillère de Blankenburg à Tanne.

Patentes.

Variétés. — 25e anniversaire de la fondation de la fabrique de moteurs à gaz de Langen et Otto, à Deutz. — Fonçage de puits par le procédé Kind-Chaudron.

XXXe réunion générale de l'Association à Carlsruhe, les 5, 6 et 7 août 1889. — Note sur le développement de l'industrie dans le grand-duché de Bade, par le Dr Eberhard Gothein.

N° 42. — *19 octobre 1889.*

Nouvelles distributions pour machines marines, par C. Frænzel.

Observations sur la distribution de force par l'air comprimé à Paris, par le Dr Weyrauch *(fin)*.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction des ponts métalliques, par G. Barkhausen *(suite)*.

Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents. — Machines à vapeur, par C. Leist.

Patentes.

Correspondance. — Manomètres à tubes plissés.

XXXe Assemblée générale de l'Association à Carlsruhe, les 5, 6 et 7 août 1889. — Emploi des courants électriques, communication de J. Einbeck.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — PARIS. — 26240-11-3.

le face.

Fig. 1. Coupe longitudinale

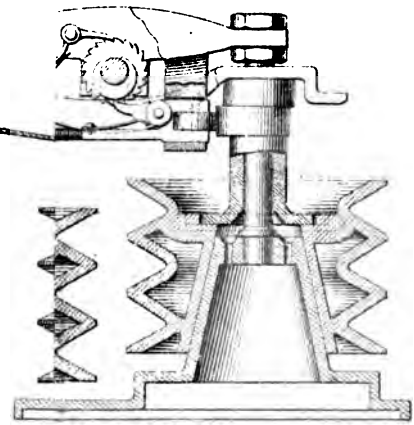


Fig. 10. Vue arrière de la pièce a.

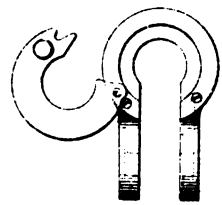
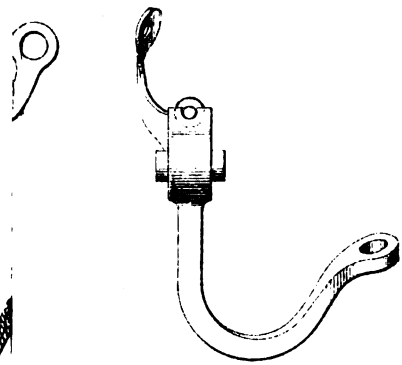


Fig. 15. Elévation transversale de la pièce b.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1889

N° 11

Sommaire des séances du mois de novembre 1889.

1° *Tour de 300 mètres (Au sujet de la)*, lettre de M. Ch. de Comberousse (Séance du 8 novembre, page 557).

2° *Décès de MM A. Gouvy père. — J. Jury. — F. Pothier. — E Muller. — Ch. Dejey. — H. Pollet. — L.-J. Henriet* (Séances des 8 et 22 novembre, pages 557 et 570).

3° *Décorations et nominations* (Séances des 8 et 22 novembre, pages 557 et 569).

4° *Membres honoraires (Nomination de)*, MM. Alphand et Berger (Séance du 8 novembre, page 558).

5° *Discours prononcé par M. H. de Place, à l'inauguration de la statue de J.-B. Dumas, à Alais* (Séance du 8 novembre, page 559).

6° *Lettre et télégramme de remerciements des Ingénieurs étrangers, à propos de leur réception par la Société* (Séance du 8 novembre, page 560).

7° *Nomination de MM. G. Eiffel et V. Contamin comme membres d'honneur de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École spéciale de Gand* (Séance du 8 novembre, page 560).

8° *Rectification au procès verbal du 4 octobre, au sujet de M. Carez* (Séance du 8 novembre, page 560).

9° *Liste numérique des récompenses obtenues par les Membres de la Société à l'Exposition universelle de 1889* (Séance du 8 novembre, page 561).

10° *Enseignement manuel pour former un apprenti mécanicien (Analyse de la Méthode d')*, de M. Denis Poulot, par M. S. Périssé (Séance du 8 novembre, page 561).

11° *Ouvrages exposés au salon de la Société (Retrait des)* (Séance du 8 novembre, page 562).

12° *Emprunt de 75000 francs (Abandon des titres de l')* (Séances des 8 et 22 novembre, pages 562 et 569).

13° *Production de la force motrice par l'électricité*, par M. Jablochkoff et *discussion*, par MM. P. Regnard, Jablochkoff et Hospitalier (Séances des 8 et 22 novembre, pages 562 et 570).

14° *Pont sur la Manche (Discussion du)*, par MM. Ed. Roy, H. Hersent, J.-F. Pillet, E. Polonceau, Grousselle, F. Fleury, Forest et Pradel (Séances des 8 et 22 novembre, pages 564 et 572).

15° *Congrès de Palerme en 1891* (Séance du 22 novembre, page 569).

16° *Concours de Meunerie à Santiago (Chili), en septembre 1890* (Séance du 22 novembre, page 569).

17° *Lettre de M. A. Brüll au sujet de deux notes adressées à la Société*, par M. Ventre-Bey (Séance du 22 novembre, page 570).

18° *Chemin de fer à voie étroite de l'Exposition (Le)*, par M. Ch. Grille (Séance du 22 novembre, page 579).

Pendant le mois de novembre la Société a reçu :

31164 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). ***Sur les Déformations élastiques dans les pièces à fibres moyennes.*** In-4° de 3 p. (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 6 août 1888.) Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31165 — Du même. ***Sur la détermination des forces élastiques et de leurs lignes d'influence dans les poutres assujetties à des liaisons surabondantes.*** In-4° de 4 p. (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 7 janvier 1889.) Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31166 — Du même. ***Sur les Déformations élastiques d'un corps solide, isotrope ou cristallisé, sous l'action d'une force d'intensité constante, pivotant autour de son point d'application.*** In-4° de 4 p. (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 5 août 1889.) Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31167 — De M. le baron Bertrand (M. de la S.). ***La Suisse, Manuel du Voyageur***, par K. Bædeker. In-12 de 512 p. avec pl., 16e édit. Leipzig, Bædeker; Paris, Ollendorf, 1887.

31168 à 31173 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). ***Guide du génie civil dans le Palais des Machines.*** Six brochures in-12. Paris, journal Le Génie civil, 1889.

31174 — De la Sociedad « Alzate ». ***Teoria de los Errores,*** por H. Faye. In-12 de 55 p. Mexico, 1888.

31175 — De la même. ***Reseña de la Topografia y Geologia de la Sierra de Guadalupe (valle de Mexico)***, por Guillenno B. Y. Puga. In-12 de 66 p. Mexico, 1889.

31176 — De M. Schmidt. (M. de la S.). *Expériences sur le chauffage des chaudières à vapeur.* In-8° de 36 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) Amiens, T. Jeunet, 1885.

31177 — Du même. *Nouvelles expériences sur le chauffage des chaudières à vapeur.* In-8° de 16 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) T. Jeunet, 1889.

31178 — Du même. *Principes de construction et d'entretien des chaudières à vapeur, d'après le règlement belge.* In-8° de 15 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) Amiens, T. Jeunet, 1884.

31179 — Du même. *Note sur quelques procédés peu connus, concernant la construction des cheminées d'usines.* In-8° de 10 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) Amiens, T. Jeunet, 1887.

31180 — Du même. *Note sur une explosion de chaudière survenue à Aulnois-sous-Laon, et sur quelques accidents analogues.* In-8° de 24 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) Amiens, T. Jeunet, 1889.

31181 — Du même. *Note sur une avarie de chaudière par suite de manque d'eau.* In-8° de 11 p. avec pl. (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens.) Amiens, T. Jeunet, 1889.

31182 — Du même. *Documents concernant les clapets d'arrêt de vapeur.* In-8° de 11 p. (Extrait du Bulletin de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur). Amiens, T. Jeunet, 1889.

31183 — De M. W. de Nordling (M. de la S.). *Exposition universelle internationale de 1889. Congrès international du repos hebdomadaire au point de vue hygiénique et social. Rapport et Résolutions.* In-8° de 8 p. et de 7 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31184 — De M. Dallemagne (M. de la S.). *Notice sur un appareil avertisseur des trains.* Manuscrit in-4° avec pl.

31185 — De la Société française de physique. *Collection de mémoires relatifs à la physique. Tome IV. Mémoires sur le pendule.* Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31186 — De l'*Institution of civil Engineers Minutes of Proceedings*, vol. XCVIII, 1888-89 P^t^ IV, et *Brief Subject-Index*, vol. LIX to XCVIII, sessions 1879-80 to 1888-89.

31187 — De M^me^ Alfred Durand-Claye. *Biographie. Discours prononcés aux obsèques d'Alfred Durand-Claye. Titres et travaux d'Alfred Durand-Claye.* In-4° de 120 p. et de 70 p. Paris, F. Levé et Chaix, 1889 et 1883.

31188 — De M. Paur (M. de la S.). *L'École Polytechnique fédérale à Zurich.* Publié par ordre du Conseil fédéral suisse, en vue de l'Exposition universelle de Paris en 1889. In-4° de 93 p. avec pl. Zurich, Zurcher et Furrer, 1889.

31189 — De M. J.-B. Berlier (M. de la S.). *De Paris à Dieppe en 45 minutes.* In-8° de 16 p. avec pl. Paris, Cusset, 1889 (6 exempl.).

31190 — De M. Ph. Delahaye. *Les Applications du gaz en 1889.* In-8° de 23 p. Paris, Ve Ethiou-Pérou, 1889.

31191 — De M. Dufresne et de M. Steinheil (M. de la S.). *Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé comme agent de transmission du travail à distance.* In-8° de 32 p. avec pl. Paris, Steinheil, 1889 (2 exemplaires).

31192 — De M. A. Guégen (M. de la S.). *Étude sur le rayonnement de la chaleur, considéré dans ses applications à l'éclairage et au chauffage.* In-8° de 51 p. Paris, J. Michelet, 1889.

31193 — De M. E. Lemoine (M. de la S.). *Des Systèmes de coordonnées qui déterminent le plus simplement un point par une construction.* In-8° de 10 p. (Extrait du Bulletin de la Société de Mathématiques de France.) Paris, 1888.

31194 — Du même. *Sur la mesure de la simplicité dans les tracés géométriques.* In-8° de 8 p. (Extrait du Journal de Mathématiques élémentaires.) Paris, Delagrave, 1889.

31195 — Du même. *Note sur deux faisceaux de trois droites.* In-8° de 12 p. (Extrait du Journal de Mathématiques spéciales.) Paris, Delagrave, 1889.

31196 — Du major Hurlstone-Hardy. *Exposition universelle de 1889 à Paris. Le système « Simplex » perfectionné et mis en pratique pour chemins de fer.* In-8° de 8 p.

31197 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders. Venlo n° 4.*

31198 — De M. S. Thós y Codina. *Memorias de la Comision del Mapa geologico de España. Descripcion fisica, geologica y minera de la provincia de Barcelona,* par D. José Maureta et S. Thós y Codina. Grand in-8° de 487 p. avec pl. Madrid, 1881.

31199 — Du même. *Reconocimiento fisico, geologico minero de los valles de Andorra* (2e édit.). In-8° de 94 p. Barcelona, 1885.

31200 — Du même. *El agua en la Tierra. Estudios sobre el origen regimen accion de las aguas en la corteza terrestre.* In-8° de 304 p. Barcelona, 1878.

31201 — De M. E. de Churruca. *Memoria que manifiesta el Estado y Progreso de las Obras de Mejora de la ria de Bilbao en el año economico de 1888 à 1889, seguida de un apendice.* In-4° de 63 p. et de 43 p. avec pl. Bilbao, 1889.

31202 — De M. de Place (M. de la S.). *Discours prononcés à l'inauguration de la statue de J.-B. Dumas.* In-12. Alais, Brunet-Blanc, 1889.

31203 à 31210 — De M. L. Baclé (M. de la S.). *La Compagnie de Châtillon et Commentry à l'Exposition de 1889. Progrès récents de la métallurgie dans la préparation des produits militaires.* (Extrait du journal Le Génie civil.) In-8° de 56 p. avec 7 pl. en phototypie

31211 — De M. Salazar (M. de la S.). *Le Mexique*. In-12 de 144 pages. Paris, Chaix, 1889.

31212 — Du Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics de Belgique. *Guide du batelier*, de M. Dufourny. In-12 de 347 pages. Bruxelles, Hayez et Decq, 1889.

31213 — De M. V. Dwelshauvers-Déry (M. de la S.), *Exposition universelle de 1889. La machine à vapeur.* (Revue universelle des mines, 1889.) In-8 de 95 pages avec pl. Liège, Desser, 1889.

31214 à 31216 — De MM. Ch. Fisson et Cie. *Notice sur les chaux éminemment hydrauliques de Xeuilly*. In-8 de 67 pages. *Certificats et attestations*. In-8 de 12 pages. Nancy, Berger-Levrault, 1889.

31217 — De l'Observatoire de Mexico. *Estudios de la filosofia y riqueza de la lengua mexicana*. In-8 de 115 pages. Guadalajara, Gobierno, 1889.

31218 — De M. Knab (M. de la S.). *Fabrication et emplois industriels de l'acier*. Grand in-8 de 752 pages. Paris, Stenheil, 1889.

31219 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Exposition universelle de 1889. Appareils inventés ou vulgarisés par N.-J. Raffard.* Album in-12 de 28 pl., 1889.

31220 — De M. J. Charpentier de Cossigny (M. de la S.). *Hydraulique agricole*. Grand in-8 de 399 pages. Baudry, Paris, 1889. 2e édition.

31221 à 31231 — De M. Salomon (M. de la S.). *Notice sur les objets présentés à l'Exposition universelle de 1889 et 10 extraits de la notice ci-dessus*. Lille, Danel, 1889.

31232 — De M. E. Muller (M. de la S.). *Usines céramiques de E. Muller*. Grand in-8 de 29 pages. Paris, Chaix, 1889. 2e édition.

31234 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *Congrès international des chemins de fer. 3e session, Paris, 1889. Première note sur la qualité des aciers pour rails et accessoires de la voie*. In-8. de 54 pages. Bruxelles, Weissenbruch, 1889.

31235 — De l'Observatoire de Mexico. *Memoria sobre el Departamento Magnetico del Observatorio Meteorológico central de México*, de Vicente Reyes. In-8 de 59 pages avec pl. Mexico, 1884.

31236 — Du même. *Estudios de meteorologia comparada*. tome I, de Mariano Barcena y Miguel Perez. Mexico, 1883.

31237 — De M. E. Deniel (M. de la S.). *The Panama Canal*. (The Canadian Society of Civil Engineers, 1889.) In-8 de 18 pages avec pl. Montréal, 1889.

31238 — De M. A. Le Cler (M. de la S.). *Endiguement et mise en culture des polders ou lais de mer dans la baie de Bourgneuf. Exposition universelle de Paris, 1889*. Feuille in-4. Paris, 1889.

31239 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *Congrès des procédés de construction. Communication de M. Hallopeau sur la nature de l'acier doux à employer dans les constructions ordinaires*. In-4 de 17 pages, manuscrit 1889.

31240 — De M. R. Benoit (M. de la S.). *Rapport sur la construction, les*

comparaisons et les autres opérations ayant servi à déterminer les équations des nouveaux prototypes métriques. In-folio de 132 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31241 — Du Ministre des Travaux publics. *Album de statistique graphique de 1888.* In-folio de 10 pages avec pl. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31242 et 31243 — De M. Demoulin (M. de la S.) *Nouvelles machines marines.* Texte de 240 pages et atlas de 55 pl. Paris, Bernard, 1888.

31244 — De M. E. West (M. de la S.). *Exposé des méthodes générales en mathématiques d'après Hoëne Wronski.* In-4° de 312 p. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

31245 — De M. P. Krémer (M. de la S.). *La Meunerie française et les nouveaux procédés appliqués par la meunerie étrangère.* Grand in-8° de 108 p. avec pl. Paris, Capiomont et Renault, 1881.

31246 — Du même. *Notice sur la mouture du blé par les moulins à cylindres.* In-8° de 14 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1879.

31247 — De M. P. Chalmeton (M. de la S.). *Notice sur la Société anonyme des aciéries et forges de Firminy.* In-8° de 19 p. Saint-Étienne, Ménard, 1888.

31248 — Du même. *Album des produits de la Société de Firminy.* In-8° de 16 p. avec pl. Saint-Etienne, Bellouze, 1889.

31249 — De M. A. Bernard (M. de la S.). *Recherche des moyens d'améliorer les voies ferrées.* In-8° de 49 p. avec pl.

31250 — Du même. *Traverse métallique, système Bernard.* In-8° de 4 p. avec pl.

31251 — Du même. *Traverses en bois jumelées.* In-8° de 2 p. avec pl.

31252 — Du même. *Étude comparative des traverses en bois et des traverses métalliques les plus connues.* In-8° de 11 p. avec pl. Namur, Lambert de Roisin, 1883 et 1886.

31253 — De M. Westinghouse (M. de la S.). *Frein Westinghouse à action rapide.* Album provisoire in-4°, 1889.

31254 — *The Westinghouse Electric Company.* Album in-4°, 1889.

31255 — De M. R. Abt (M. de la S.). Carton renfermant les objets qui ont été exposés par lui dans la salle de travail au Palais des Machines.

31256 — De M. A. Olivier (M. de la S.). Id.

31257 — De M. E. Gaget (M. de la S.). *La Plomberie au XIX^e siècle.* In-f° de 24 p. avec pl. Paris, Chaix, 1885.

31258 — Du même. Carton renfermant les objets qui ont été exposés par lui dans la salle du travail au Palais des Machines.

31259 — De M. Beloin (M. de la S.). *The civil Engineers Pocket-Book.* In-12 de 866 p. New-York, Wiley and sons, London Spon, 1885.

31260 — De M. A. Gouvy (M. de la S.). *Etude sur les cubilots pour la fusion de la fonte.* Société des Ingénieurs civils. In-8° de 39 p. avec pl. Paris, Chaix, 1887.

31261 — Du même. *Etude sur les machines à vapeur.* In-8° de 30 p. avec pl. Paris, Baudry, 1889.

31262 — Du même. *Die Flusseisenerzeugung auf basischem Herde in Rezieca.* In-8° de 14 p. avec pl. Wien, Druck, 1889.

31263 — De M. Guyenet (M. de la S.). Carton renfermant les objets qui ont été exposés par lui dans la salle de travail au Palais des Machines.

31264 — De M. Benoit-Duportail (M. de la S.). *Note sur l'Alliance française.* In-8° de 6 p. manuscrit, 1889.

31265 — Du même. *Discussion sur la colonne-soleil et sur la tour colossale de 300 m de hauteur et sur l'éclairage de Paris par la colonne soleil. Observations de M. Benoit-Duportail.* In-8° de 12 p. Société des Ingénieurs civils. Paris, Chaix, 1885.

31266 — Du Ministère des Travaux publics. *Chemins de fer français, France Européenne et Algérie. Documents statistiques pour l'année 1886.* In-f° de 35 p.

31267 et 31268 — De M. Durupt (M. de la S.). *Réfection du pont sur le Steïr.* 2 photographies.

31269 — De M. Féraud (M. de la S.). Carton renfermant les objets qui ont été exposés par lui dans la salle de travail au Palais des Machines.

31270 — De M. A. Duroy de Bruignac (M. de la S.). *Recherche sur la navigation aérienne.* In-8° de 45 p. Paris, Baudry, 1875.

31271 — De M. Schabaver (M. de la S.). *Turbine et Pompe horizontale.* Grand in-8° de 15 p. avec pl.

31272 — Du même. *Turbine et pompe horizontale.* Grand in-8° de 3 p. avec pl.

31273 — Du même. *Turbine hydraulique.* Grand in-8° de 8 p. avec pl.

31274 — Du même. *Turbine à haute chute.* Grand in-8° de 8 p. avec pl.

31275 — Du même. *Moulin à vent système américain, de M. Halladay.* In-8° de 4 p. avec pl. Paris, Librairie technologique, 1881 et 1885.

31276 à 31280 — Du même. 5 dessins de *Pompe et de turbine.*

31281 De M. Arsène Olivier. *Avisol.* Grand in-8° de 25 p. avec pl. Paris, Baudry, 1889.

31282 — De M. L. Courtier (M. de la S.). *Album des chemins de fer,* comprenant 8 séries in-f°, 759 planches avec nomenclature, in-4°. Paris, L. Courtier, 1889.

31283 et 21284 — De MM. Menier (M. de la S.). Réception des Ingénieurs Belges, Hollandais et Français, par MM. Menier, à l'usine de Noisiel le 13 septembre 1889. 2 photographies du banquet.

31285 — De MM. Daydé et Pillé (M. de la S.). Album de photographies des principaux travaux exécutés par MM. Daydé et Pillé.

31286 — De l'American Society of civil Engineers. *The Sibley Bridge,* de MM. O. Chanute, John F. Wallace, Breithaupt et William Scherzer. In-8° de 37 p. avec pl. (American Society of civil Engineers), 1889, New-York.

31287 et 31288 — De M. A. Le Chatelier. *Influence de la température sur les propriétés mécaniques des métaux.* In-4° de 4 p.
Influence de la température sur les propriétés mécaniques du fer et de l'acier. In-4° de 4 p. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de novembre, sont:

Comme membres honoraires, MM.:

Alphand, présenté par MM. Eiffel, Contamin et Charton.
Berger, — Eiffel, Contamin et Charton.

Comme membres sociétaires, MM.:

A. d'Abramson, présenté par MM. Regnard, Marillier et Leprince.
V. Baranoff, — Eiffel, Brûll et Périssé.
N. Belelubsky, — Eiffel, Gottschalk et Périssé.
J. Bidermann, — Eifffel, Salles et Geay.
G. Bolibar, — Reymond, Brûll et de Dax.
E. de la Brosse, — Eiffel, Salles et Geay.
Ch. de Cuadra, — Bourdil, Yrazusta et Vallot.
A. Fleury, — Bourdais, Collin et Godillot.
P. Guédon, — Marillier, Salmon et Villain.
P. de la Gressière, — Dubois, Rubin et Fleury.
N. Halbertsma,, — Eiffel, Polonceau et Pontzen.
V. Herzeinstein, — Brûll, Salles et Roy.
A. de Ibaretta — Reymond, Brûll et Périssé.
Jablochkoff, — Eiffel, Contamin et Périssé.
L.-P. Jacquin, — Moreau, de Nansouty et Cottancin.
E. Laurent, — Périssé, de Dax et Moisant.
A. Lebedinsky, — Damoizeau, Marillier et Leprince
K. Lelorrain, — Caen, Rey et Godillot.
E. Mathieu, — Périssé, Le Brun et Vallot.
B. Nikiforoff, — Damoizeau, Marillier et Leprince.
E. Penelle, — Eiffel, Périssé et de Dax.
L. Perreau, — Lavalley, Fontaine et Martin.
L. Pile, — Delannoy, Vigreux et Prangey.
A. Powalischine, — Eiffel, Gottschalk et Marillier.
J.-B. Pradel, — Périssé, Rubin et Eiffel.
P. Yankowsky, — Martin, Périssé et Regnard.
A. Zdziarski, — Brûll, Périssé et Valton.

Comme membres associés, MM.:

P. Arbel, présenté par MM. Contamin, Périssé et Jouffret.
Ch. Lorilleux, — Eiffel, Menier et Godillot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1889

Séance du 8 novembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 octobre est adopté.

M. V. CONTAMIN dit que notre président, M. G. Eiffel, empêché d'assister ce soir à la séance, l'a prié de le remplacer et de présenter ses excuses à la Société.

Il est pris acte d'une réclamation de M. Ch. de Comberousse, à propos du procès-verbal de la dernière séance, faisant remarquer que la communication de M. Bourdais sur la tour de 300 mètres n'a pas été faite sous la présidence de M. H. Hersent, mais bien sous celle de M. de Comberousse.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. A. Gouvy père, maître de forges à Dieulouard, membre de la Société depuis 1855. C'était non seulement un Ingénieur éminent, mais aussi un grand industriel qui a beaucoup contribué aux progrès de la métallurgie. Nous adressons à la famille de M. Gouvy, l'expression de notre vive sympathie. *(Approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société les nominations suivantes :

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. M. Bixio, A. Cauvet et L. de Naeyer.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. J. Aylmer, E. Bariquand H. Chapman, P. Decauville, H. Fontaine, P. Garnier, Ghesquière-Dierikx, Ch. Herscher, J. Hignette, H. Menier, A. Moisant, G. Petitjean, Ch. Prevet, Ch. Weyher.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. E. Armengaud, P. Arrault,

Ed. Badois, G. Béliard, L. Berthon, E. Boire, P. Bornèque, Ed. Bourdon, F. Brault, E. Coignet, G. Denis, H. Deutsch, N. Dujour, L. Durand, N. Duval, A. Egrot, A. Fould-Dupont, A. Gatget, E. Godfernaux, A.-M. Martin, C. Guyenet, N. Lecouteux, Ch. Legrand, E. Levassor, E. Lippmann, L. Luchaire, E. Monjean, H. Portevin, G. Richard, A. Rouart, A. Salles, G. Sautter, P. Simons, A. Thirion, G.-J. Tresca et F.-J.-T. Berton.

Officiers de l'Instruction publique : MM. S. Gotendorf et Salazar.

Officier d'Académie : M. H. Vaslin.

Chevalier de l'Ordre du Soleil-Levant du Japon : M. J.-A.-L. Waddell.

M. le Président ajoute que nous ne pouvons qu'applaudir à ces nominations qui sont un nouvel hommage rendu à la Société pour la grande part qu'elle a prise au succès de l'Exposition ; on doit toutefois regretter que plusieurs de nos collègues, qui avaient des titres à cette distinction, n'aient pu l'obtenir. *(Assentiment.)*

M. le Président dit que l'Exposition vient de se terminer au milieu d'un immense succès, qu'elle a été une grande œuvre de paix et de prospérité pour notre pays et que tous ceux qui y ont contribué ont bien mérité de la patrie.

A ce sujet, M. le Président fait remarquer que deux noms surtout surgissent au-dessus de tous les autres; ce sont ceux de MM. Alphand et Berger.

Il rappelle que M. Alphand est non seulement l'Ingénieur hors de pair que tout le monde connaît, mais aussi l'homme du devoir et de travail par excellence. Tous ses collaborateurs ont été les témoins constants de l'incomparable puissance de travail qu'il a déployée malgré ses soixante-dix ans, pour mener à bien son œuvre et montrer à l'étranger que notre pays méritait toujours l'estime des nations. *(Applaudissements.)*

Ce n'était pas tout de construire, il fallait remplir cette Exposition; l'apôtre de cette entreprise a été M. Berger, l'Ingénieur distingué auquel on devait déjà le succès de l'Exposition d'électricité de 1881. Egalement infatigable, on l'a vu à Lille, à Dunkerque, à Lyon, en Angleterre, partout, se multipliant pour encourager les uns et faire cesser les hésitations des autres. M. Berger s'était, lui aussi, entouré d'Ingénieurs civils, et nous ne pouvons que lui être reconnaissant de l'œuvre qu'il a accomplie et des collaborateurs qu'il avait choisis. *(Applaudissements.)*

Le Comité a pensé que nous ne pouvions mieux faire, pour témoigner notre gratitude et notre sympathie à ces deux grands patriotes, que de les nommer membres honoraires de notre Société. A la dernière séance, ce vœu a été émis; aujourd'hui il s'agit de le ratifier, et M. le Président espère pouvoir annoncer à MM. Alphand et Berger que leur admission comme membres honoraires de la Société des Ingénieurs civils a été votée à l'unanimité. *(Approbation unanime.)*

M. le Président donne lecture d'une lettre par laquelle M. H. Mathieu, ancien Président de la Société et Président du Comité de la *Revue générale des chemins de fer*, annonce que notre collègue, M. Edgar Monjean,

Ingénieur Secrétaire de ce Comité, a été nomme Chevalier de la Légion d'honneur.

M. le Président remercie M. Mathieu de sa communication et ajoute que nous ne pouvons qu'applaudir à la nomination de M. Monjean, qui est extrêmement dévoué, non seulement à ses fonctions professionnelles, mais aussi à cette *Revue générale des Chemins de fer* qui rend les plus grands services et au succès de laquelle M. Monjean a contribué pour une très large part. *(Applaudissements.)*

Nous avons reçu communication du discours suivant prononcé par notre collègue, M. H. de Place, à l'inauguration de la statue de J.-B. Dumas, à Alais :

« MESSIEURS,

» Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France et par délégation spéciale du président, M. G. Eiffel, et de son Comité, je viens, à mon tour, apporter un juste tribut de reconnaissance filiale, de respectueux souvenirs et d'impérissable admiration à l'immortel savant dont nous fêtons aujourd'hui la mémoire, à J.-B. Dumas qui, par un rare privilège du génie associé à la puissance du travail, devint, par son œuvre à la fois scientifique et littéraire, l'une des illustrations les plus pures et les plus complètes de notre pays.

» Les voix les plus autorisées viennent de vous rappeler la vie, les découvertes fécondes, la célébrité précoce, les talents oratoires et administratifs et les vertus de notre illustre maitre qui semble avoir été l'incarnation du génie universel ; mon rôle se borne à vous parler de ses relations avec notre Société d'Ingénieurs.

» Et d'abord, ne pouvons-nous pas dire qu'il appartenait à la grande corporation des Ingénieurs français comme un père appartient à sa famille ?

» N'était-il point, en effet, l'un des principaux et des plus vénérés fondateurs de cette grande pépinière d'ingénieurs, l'École Centrale, qui a si largement contribué à porter, avec la civilisation industrielle, le nom de l'éminent professeur jusque dans les contrées les plus lointaines ?

» Ce sont les anciens élèves de Dumas qui fondèrent, en 1848, la libre et puissante société dont j'ai l'honneur d'être aujourd'hui l'organe, société qui fut bientôt largement ouverte aux ingénieurs civils de toute origine et de toute nationalité et à laquelle, M. Carnot, ingénieur, Président de la République française, rendait hommage il y a peu de jours, dans une visite à l'Exposition, en disant à son président : « *Je connais les travaux de la Société des Ingénieurs Civils, quant à ceux de ses membres, ils remplissent l'Exposition.* »

» Mais c'est surtout comme *membre honoraire*, titre exceptionnellement réservé aux sommités de la Science, que J.-B. Dumas appartenait directement, depuis 1869, à la Société des Ingénieurs civils formée en grande partie de ses anciens élèves et je m'empresse d'ajouter avec orgueil que notre Société a été non moins heureuse de pouvoir décerner quelques années plus tard, en 1884, ce même titre de *membre d'honneur* à l'illustre président que la ville d'Alais est fière de posséder pour la fête de ce jour, à l'ancien collaborateur et ami dévoué de J.-B. Dumas, à M. Pasteur

que je salue avec respect au nom de la Société des Ingénieurs civils de France.

» Enfin, il me semble, Messieurs, que nous ne saurions mieux faire, en pareil jour, que de reporter à leur auteur les paroles suivantes que J.-B. Dumas a prononcées en l'honneur de Faraday, dans l'éloge historique qu'il fit du grand physicien anglais :

« Il n'est pas de ceux qu'une nation puisse revendiquer d'une façon » exclusive...; il appartient au monde entier. Il n'est pas sur la terre » un point où la civilisation ait pénétré qui ne se croit le droit de par- » tager le respect et la reconnaissance que lui porte son pays ! » *(J.-B. Dumas, Éloge historique de Faraday.)*

» Aussi, sous le précieux et sympathique patronage de M. Pasteur, suis-je heureux de répéter au nom de la Société des Ingénieurs civils : Honneur à J.-B. Dumas, l'une des plus grandes gloires non seulement d'Alais, mais de la France et de l'humanité tout entière. » *(Applaudissements.)*

Il est donné lecture d'une lettre de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand, par laquelle ils nous envoient l'expression de leurs remerciements, votés en assemblée générale, par acclamation et à l'unanimité. Ils ajoutent que, pour donner une forme plus tangible à leurs sentiments de gratitude et de confraternité, ils ont nommé membres d'honneur de leur Association MM. G. Eiffel et V. Contamin, dont les noms resteront attachés à deux des monuments les plus remarquables de l'Exposition. *(Applaudissements.)*

La Société a remercié les Ingénieurs de Gand, en insistant beaucoup sur la sympathie que nous éprouvons pour nos collègues belges. *(Approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce que nous avons reçu également un télégramme des Ingénieurs de Barcelone, nous informant que « réunis pour la première fois depuis leur voyage à Paris, ils portent un toast enthousiaste à leurs collègues français ». *(Applaudissements.)*

Il est donné ensuite lecture d'une lettre de remerciement de M. Thos y Codina, Ingénieur en chef des mines à Barcelone, dans laquelle il annonce l'envoi à la Société de deux ouvrages sur la géologie et la minéralogie de la province de Barcelone et de la vallée d'Andore ; puis de quatre autres lettres de remerciements de MM. Puig y Valls, Pedro de Celis, Pablo de Azola et Dario Arana, Ingénieurs espagnols, et enfin d'une lettre de M. Chancel, Ingénieur de l'école des Arts et Métiers de Santiago (Chili), annonçant l'envoi prochain d'un rapport de M. Vatier, Ingénieur des Arts et Manufactures, sur les minerais de fer et de manganèse du nord du pays.

Il est pris note d'une rectification au procès-verbal de la séance du 4 octobre, demandée par M. Carez, membre de la Société et Ingénieur de la section belge, qui assistait M. Carlier, Commissaire général, lors de la visite des Ingénieurs belges à l'Exposition, et n'avait pas été cité. Le nécessaire sera fait pour l'insertion au ***Bulletin***.

Il est donné communication de la liste, connue à ce jour, des récompenses obtenues par les membres de la Société à l'Exposition universelle :

Hors Concours	75	
Grands Prix	53	
Médailles d'Or	174	
Médailles d'Argent	167	
Médailles de Bronze	72	
Mentions Honorables	35	576
COLLABORATEURS :		
Médailles d'Or, d'Argent, Bronze, etc.		92
TOTAL DES RÉCOMPENSES		668

M. le Président insiste à nouveau pour que tous les membres de la Société ayant obtenu une récompense ou une distinction honorifique, soit personnellement, soit à titre de collaborateur, veuillent bien en aviser la Société.

M. S. PÉRISSÉ a la parole pour dire quelques mots de deux intéressants ouvrages qui ont été remis à la Société. Il s'agit d'abord de quatre albums de planches offertes par M. A. L. Deghilage au nom de M. Ch. West de Darlington et relatives aux locomotives depuis leur origine. Il y a là toute une série de dessins et de renseignements sur les locomotives anglaises et américaines qui seront consultés avec fruit par ceux de nos collègues qui s'occupent des questions de chemins de fer.

L'autre ouvrage, dit M. Périssé, est le livre que notre collègue. M. Denis Poulot vient de faire paraître sous le titre ***Méthode d'Enseignement manuel pour former un apprenti mécanicien.*** Ce volume mérite à tous les égards d'être signalé à l'attention des membres de notre Société, qui, par ses statuts, s'est proposé d'étendre l'enseignement professionnel.

Si on considère qu'avec les outils mécaniques et la spécialisation du travail les bons ouvriers deviennent rares, que l'habileté professionnelle décline, que les conditions dans lesquelles l'apprentissage se fait aujourd'hui laissent de plus en plus à désirer, on arrive à cette conclusion, en prenant connaissance de l'ouvrage de M. Poulot, qu'il a rendu un véritable service à l'industrie française, aux ouvriers et par conséquent au pays en publiant son ouvrage.

L'Etat se préoccupe depuis plusieurs années de la question de l'Enseignement technique et a organisé au Ministère du Commerce et l'Industrie un service d'inspection presque exclusivement composé de membres de notre Société. C'est pour répondre à l'appel qui lui a été fait que M. Poulot, éminent praticien, a écrit son livre. Comme les dessins sont le genre d'écriture qui frappe le mieux les yeux et l'esprit, il les a prodigués (3 000 dessins intercalés), afin d'éclaircir toutes les phases du métier de mécanicien qu'il se propose d'enseigner.

Ce bel ouvrage est divisé en trois grands chapitres correspondant aux trois années d'apprentissage. Il faut le lire pour s'en rendre compte. La théorie se matérialise de suite ; point d'abstractions rebutantes, partout

de la clarté et une saine application des meilleures règles pratiques. Ceux-là mêmes qui connaissent bien le métier y trouveront beaucoup à apprendre, ou plutôt ils se remettront en mémoire des pratiques un peu oubliées.

C'est l'impression que M. Périssé a éprouvée en lisant cette méthode d'Enseignement manuel qui est appelée à rendre d'importants services, et qui fait grand honneur à son auteur. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT informe ceux de nos collègues qui ont envoyé des ouvrages à l'Exposition de la Société qu'ils pourront les retirer à partir du 20 courant; il rappelle de nouveau que notre bibliothèque acceptera avec reconnaissance ceux de ces ouvrages qu'on voudra bien lui abandonner. Il annonce à ce sujet que notre collègue, M. Victor Rose, fait don à la Société d'un des cadres de gravures qui composaient son exposition.

M. BERLIER, écrit aussi qu'il offre, à titre définitif, à la bibliothèque de la Société les volumes et l'album relatifs à ses travaux, qui figuraient à l'Exposition.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que MM. V. Contamin, L. Cahen-Strauss, Ch. Driessens, O. Houbigant, A. Pourcel, L. Rey et F. Weil, font abandon à la Société des titres souscrits par eux à l'emprunt de 75 000 francs. Cela représente un total de 17 bons à ajouter à ceux précédemment abandonnés.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Jablochkoff sur la *Production de la force motrice par l'électricité*.

M. JABLOCHKOFF dit qu'avant de commencer sa communication, il tient à remercier chaleureusement la Société d'avoir bien voulu l'admettre au nombre de ses membres.

M. LE PRÉSIDENT réplique que M. Jablochkoff est de ceux qui honorent les corps auxquels ils appartiennent. *(Applaudissements.)*

M. JABLOCHKOFF dit qu'il va faire des expériences dont il ne présente pas le résultat comme définitif, mais il a apporté ses appareils pour appuyer la thèse qu'il se propose de soutenir. Dans ces dix dernières années, l'électricité a fait beaucoup parler d'elle, principalement comme source de lumière; c'est surtout depuis l'Exposition de 1881 que l'électricité a conquis le droit de cité et a été admise comme source de force et de lumière. Les progrès dans ce sens avaient été excessivement rapides, et l'on ne doit pas s'étonner si, à l'Exposition de 1889, on n'a pas eu à constater de grands perfectionnements en fait de machines productrices d'électricité; cela tient au peu de marge qui restait pour les progrès à accomplir, puisque grâce aux travaux de savants éminents comme les Tresca, les Joubert et autres, on était arrivé à une telle perfection dans les machines dynamos qu'on a constaté des rendements théoriques de 83 à 86 0/0. Tous les efforts des électriciens se sont portés sur les procédés de fabrication et les prix de revient. M. Jablochkoff est parmi ceux qui ont cherché des moyens de production de l'électricité autres que ceux de la transformation de la force motrice fournie par une machine à vapeur ou par une chute d'eau; il s'est appliqué à la production directe

de l'électricité par les agents chimiques. Bien que les piles aient été les premières sources de production d'électricité chimique, ce n'est pas là un mouvement de recul ; M. Jablochkoff estime au contraire que c'est un nouveau pas en avant, la production d'électricité par transformation de la force motrice n'ayant été, d'après lui, qu'un palliatif, très heureux sans doute au point de vue de l'utilisation pratique, mais un palliatif, ainsi qu'il se propose de le démontrer.

M. Jablochkoff dit que la véritable production d'électricité à sa source dans les moyens chimiques. Dans les machines dynamos, la force initiale est due, en effet, à la consommation du charbon qui est une combinaison chimique, mais l'utilisation que nous obtenons dans une bonne machine ne dépasse guère 10 0/0; nous ne transformons donc en force motrice qu'à peu près 10 0/0 du rendement théorique; dans l'électrochimie, au contraire, on peut transformer, en se plaçant dans des conditions convenables, 90 0/0 et même 100 0/0 de calories en électricité et, par conséquent, en force électro-motrice. On emploie, il est vrai, dans ce cas, comme combustible des métaux: zinc, fonte, sodium, etc., qui coûtent plus cher que la houille brûlée dans les machines à vapeur, mais on obtient de suite 90 0/0 de rendement. Dans ces conditions, le prix du corps consommé est largement compensé par le rendement utile.

Par exemple, si l'on prend de la fonte, on arrive à une consommation de 750 *gr* par cheval-heure utile, et cette consommation peut même descendre jusqu'à 500 et même 400 *gr*. En estimant la fonte employée à 4 *f* les 100 *kg*, on arrive à une dépense de 0,03 *f* par cheval-heure ; à ce chiffre, il faut ajouter le prix de l'acide sulfurique ou chlorhydrique nécessaire pour oxyder le métal, soit environ 1 *kg* d'acide par kilogramme de fonte, ce qui porte le prix de revient du cheval-heure utile à 0,09 *f* ou 0,12 *f*. On arrive donc sensiblement, dans ces conditions, à un prix égal à celui de la production de l'électricité par les machines actionnées par des moteurs de 15 à 25 chevaux.

C'est déjà un résultat, mais il faut considérer, en outre, que la production de l'électricité au moyen des machines à grande puissance conduit à l'emploi de transmissions commandant plusieurs dynamos et, dans ce cas, l'arrêt de quelques-unes de ces dynamos ne produit pas une diminution de consommation proportionnelle à la force motrice dont on n'a plus besoin. Enfin, quand il s'agit d'employer l'électricité comme force motrice, il n'y a pas grand avantage à substituer la force produite par les dynamos à celle produite directement par la vapeur; mais il n'en est plus de même quand l'électritité est fournie par des moyens chimiques.

Pour le démontrer expérimentalement, M. Jablochkoff a apporté un petit tour électrique, qui n'est autre chose qu'une machine Gramme un peu modifiée, construite dans son laboratoire et actionnée directement par une batterie de piles. C'est un appareil sans transmissions ni volant, facile à mettre en mouvement et à transporter. Il insiste sur ce point que le mouvement du moteur est rotatif de lui-même et n'a pas besoin d'être transformé. C'est la machine-outil électrique. Mesurant l'effort développé par l'appareil, M. Jablochkoff constate 20 volts et 15 ampères, soit 300 watts.

M. E. Hospitalier interrompt pour dire que, si le circuit est court sur la pile, les volts sont nuls, et que l'intensité tombe à la moitié et même au quart; au lieu de 300, cela ne ferait que 75 watts.

M. Jablochkoff réplique qu'il est d'accord avec M. Hospitalier et qu'il allait faire précisément remarquer que, dans la pratique, il faut prendre moins que ce chiffre théorique de 300, indiqué plus haut.

M. Jablochkoff met son appareil en mouvement et ajoute qu'il n'a eu d'autre but que de montrer que la production de l'électricité par les voies chimiques et son application à la force motrice n'est pas une utopie.

A ce sujet, M. Jablochkoff examine en détail la question des piles et décrit les procédés employés pour empêcher la polarisation et diminuer la consommation du métal; il fait l'historique des accumulateurs et l'éloge de la pile secondaire de M. Gaston Planté.

Il ajoute qu'il s'est demandé si, au lieu de chercher à atténuer les courants locaux et la polarisation, il ne serait pas plus simple de les utiliser; c'est dans ce but qu'il a cherché à combiner un élément à *trois* électrodes. Il le compose au moyen d'un métal qui se consomme, d'un autre métal inoxydable, comme le platine, et enfin d'un autre corps comme le charbon poreux. En fermant le courant entre le métal oxydable et celui qui ne l'est pas, on fait un court circuit, on a une très forte polarisation, et l'action chimique s'arrête très rapidement. Quand on veut produire un courant, on réunit le couple ainsi formé et sur lequel on a laissé s'accumuler l'oxygène, au troisième électrode, — charbon poreux — capable de condenser une grande quantité de gaz. Dans ces conditions, pendant le repos du moteur que cette pile actionnera, il s'y accumulera de la force électrique, et, à la reprise du travail, on disposera d'une grande force pour démarrer. Le moteur ne dépense donc que quand il travaille.

M. Jablochkoff estime que dans le cas d'une machine-outil commandée par une machine à vapeur de 15 chevaux, on dépensera 0,15 *f* par cheval et par heure, qu'on travaille ou qu'on ne travaille pas; et que la même dépense ne dépassera pas 0,12 *f* pour le travail utile réellement produit, dans le cas d'une machine-outil électrique actionnée par sa pile.

En passant, M. Jablochkoff déclare qu'il a complètement renoncé aux questions d'éclairage électrique pour s'attacher à celle de production de la force, parce qu'il est convaincu que la lumière électrique, surtout dans le cas des lampes à incandescence, revient plus cher que celle du gaz comme production et canalisation.

Il conclut qu'il y a intérêt à préconiser pour les petites forces l'emploi de l'électricité comme source de force et non pas la force comme source d'électricité. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que les applaudissements de la Société prouvent à M. Jablochkoff l'intérêt avec lequel on a entendu un des promoteurs de la question de l'électricité exposer le résultat de ses recherches. Il le remercie d'avoir offert à la Société la primeur de ses intéressants travaux. La discussion est remise à la prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de MM. Hersent et Pradel sur le projet de *Pont sur la Manche*.

M. le Président dit qu'il s'agit de résoudre un important problème, que nous n'avons pas à discuter la question politique, ni les observations que pourraient formuler les autres puissances contre l'obstruction du détroit, mais que nous avons deux choses à étudier, au point de vue technique : les fondations et la partie métallique.

La question des fondations a déjà été élucidée par M. H. Hersent, avec une telle autorité qu'il semble tout simple, après l'avoir entendu, qu'on puisse envisager avec sécurité l'enfoncement de caissons à 55 *m* de profondeur, en pleine mer.

Le second point est le tablier métallique. Il est certain que cette partie du travail a été étudiée avec tous les soins qu'elle comporte par des hommes dont la compétence est universellement reconnue. Toutefois, il y a certaines questions de montage des grandes poutres, de l'action du vent, des difficultés du travail, qui peuvent susciter quelques craintes et donner lieu à des objections.

M. Ed. Roy regrette beaucoup de ne pas partager l'opinion de M. le Président sur l'ensemble de la discussion à établir. Un Ingénieur ne doit pas être seulement un homme d'art, il doit se préoccuper aussi des questions d'économie industrielle et commerciale, sans se laisser emporter par l'enthousiasme qu'on peut concevoir en présence d'une œuvre aussi grandiose.

Il y a quelques années, la question du *tunnel* sous la Manche a été discutée ici sous toutes ses faces ; on ne l'a pas circonscrite seulement aux moyens techniques d'exécution. Personne ne mettra d'ailleurs en doute la possibilité de l'exécution du travail qui nous est présenté, bien qu'on puisse hésiter sur les résultats à obtenir pour des fondations à effectuer à 55 *m* de profondeur, en pleine mer, sous l'action de vents violents et de courants rapides. Nous avons vu, il est vrai, des Ingénieurs hardis jusqu'à la témérité, mais nous savons aussi à quel résultat cela nous a conduits, pour l'isthme de Panama, par exemple.

Au point de vue des transactions commerciales, en établissant des travées de 300 et 500 *m* pour un pont de 38 *km* de longueur, cela donnera 120 ou 150 piles qui seront autant d'écueils pour les nombreux navires qui auront à traverser la Manche par gros temps. A cet égard, le projet de tunnel ne souffre pas de comparaison avec le projet de pont.

M. Ed. Roy ajoute que le détroit du Pas-de-Calais n'appartient pas exclusivement à la France et à l'Angleterre : la voie qu'on y créerait serait une voie de communication internationale, et, par suite, une menace pour nos côtes de la Manche, les puissances étrangères pouvant, à un moment donné, sentir le besoin de rendre neutre cette voie de communication.

M. Ed. Roy dit que son caractère de Français le fait beaucoup hésiter à ce point de vue-là. Il ne pense pas, d'ailleurs, que les puissances qui occupent les côtes de la mer du Nord soient disposées à voir créer 120 à 150 écueils sur leur route : Anvers, Hambourg, Dresde, Cronstadt, tous les ports de la Baltique, y verraient un péril pour leurs navires, Les navires à vapeur pourront encore se diriger; mais il y a aussi les navires à voiles.

Les polices d'assurances maritimes seront augmentées et aussi les frets. De plus, les marchandises d'Angleterre qui se répandent sur tout le littoral de l'Océan et de la Méditerranée n'auront aucun avantage à prendre cette voie. L'exécution du projet pourra plaire aux voyageurs qui traversent le détroit, mais c'est une trop faible compensation, et s'il y a une préférence à donner, c'est au tunnel qu'il faut l'accorder. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT dit que son intention n'était pas de circonscrire le débat, mais il avait pensé que cette question des obstacles et des réclamations des puissances ne pouvait pas être tranchée par nous. La discussion sera d'ailleurs ce que la Société voudra qu'elle soit, et on ne peut que remercier M. Ed. Roy d'avoir exposé des craintes qui étaient déjà venues à l'esprit de tout le monde. Mais la question est surtout de savoir si, au point de vue technique, on ne rencontrera pas dans l'exécution des travaux des difficultés ou des surprises.

Nous avons reçu, à cet égard, une lettre de M. J. de Coëne, dans laquelle notre collègue présente deux observations : la première est relative aux obstacles créés dans la Manche, l'autre se rapporte aux difficultés de fondations. M. de Coëne fait remarquer que l'inclinaison du sous-sol est considérable pour ces piles qui ont à la base plus de 40 *m*; il voit là des difficultés d'exécution qui ne paraissent pas, *a priori*, très faciles à résoudre.

M. HERSENT se propose de répondre d'abord à M. Ed. Roy. Il dit qu'on n'a pas eu la pensée d'élaborer immédiatement la question économique, que les objections de M. Roy sont connues depuis longtemps, et qu'on peut en prévoir beaucoup d'autres contre la construction d'un pont sur la Manche. Il ajoute qu'on ne doit pas craindre d'aller de l'avant, en s'éclairant par la discussion. On a autrefois étudié la traversée de la Manche à des points de vue différents et par des moyens de construction autres que ceux dont on dispose à présent; et il n'y a pas longtemps qu'on peut dire sans témérité qu'il est possible de fonder des piles au milieu de la Manche. Quant aux écueils, il est évident que les marins ne les aiment pas; ils craignent d'ailleurs toujours l'approche de la terre et prennent toutes sortes de précautions aux entrées de ports. Il y a de ces entrées, en France, qui n'ont pas 200 *m* d'ouverture, il n'y a donc pas de raison pour qu'un navire à vapeur ne passe pas dans une ouverture de 300 ou de 500 *m*. Pour les navires à voiles, il est certain que le danger est plus grand, mais M. Hersent ne le croit pas aussi important qu'on le dit, à cause des courants qui se produiront, qui n'arriveront pas sur les piles et porteront les voiliers vers le milieu de l'ouverture; du reste on peut signaler ces écueils des piles par le bruit ou la lumière.

M. Hersent dit qu'une chose plus importante est la question des relations internationales; on pourra objecter à ceux qui voudront faire le pont que la Manche ne leur appartient pas, mais M. Hersent n'a pas d'opinion là-dessus, et ce qu'il recherche surtout, c'est la possibilité de construire le pont sans crainte d'être taxé de témérité. Il ne conteste pas non plus la plus ou moins grande facilité qu'on pourrait rencontrer à faire un tunnel, mais il reste dans son rôle de constructeur et examine

la question des fondations, pour répondre à MM. Ed. Roy et de Coëne.

Il y aura évidemment des précautions à prendre pour ce travail, bien que la Manche ne soit pas une mer particulièrement terrible; on a, d'ailleurs, construit un phare à l'entrée de Hambourg sans trop de difficultés, en faisant les fondations par caissons. Les piles du pont sur la Manche ne sont, du reste, que le double de celles du pont de Brooklyn, qui est aujourd'hui considéré comme un des grands ouvrages de notre siècle; et en 1876, M. Hersent a apporté à la Société une petite étude d'un pont sur l'Hudson, qui a des travées de 150 et 180 *m*, et dont les fondations descendent à 36 *m* au-dessous de la basse mer. M. Baker a depuis affirmé à M. Hersent qu'il faisait en ce moment des fondations à 55 *m* de profondeur dans une rivière de l'Océanie. On n'a donc rien inventé, et avec les moyens de construction et l'outillage dont on dispose, on peut faire des piles de pont dans ces conditions avec toute la sécurité possible.

Répondant à l'objection de M. de Coëne, M. Hersent dit que, si le sol est inégal, on le draguera; rien ne s'oppose à ce qu'on fasse cette opération à 50 *m* de profondeur. On a déjà dragué à Kehl à 20 *m*, à Toulon à 18 ou 19 *m*. Il croit que, de ce côté, il y aura une sécurité absolue pour dresser le sol et mettre les caissons en place.

M. Hersent revenant à l'objection de M. Roy sur l'état de la mer, dit que dans la Manche on peut travailler en moyenne 220 jours par an. Il faut aussi considérer que le gros temps est plus important à la côte qu'au large; tant qu'on est au large et qu'on n'est pas exposé à toucher le sol, il n'y a rien à redouter; si la houle est trop forte, on la laisse filer et on attend une accalmie. On pourrait même aplanir les difficultés résultant de l'état de la mer, en créant autour de chaque pile un grand mouillage avec une série d'embarcations, disposées comme une vaste toile d'araignée et formant autant d'obstacles brisant la lame au passage, et procurant un calme relatif vers le centre de cette installation. Si cela ne suffisait pas, on pourrait mettre de grandes claires-voies à la surface, arrêtant la partie supérieure de la lame. Il faudra, bien entendu, s'inspirer pour tout cela de l'expérience acquise dans les travaux antérieurs, et prendre l'habitude de la mer, des vents et des courants.

M. Hersent n'est pas de l'avis de M. de Coëne, il pense qu'on ne doit pas commencer le travail par le milieu de la mer, mais bien par les bords; on acquerra ainsi l'expérience nécessaire. Pour la mise en place des caissons, on opérera comme sur l'Escaut et sur le Tage, en les faisant surnager pour les amener exactement à l'endroit voulu; quand il s'agira de leur faire toucher le sol, on profitera d'un moment d'accalmie ou de morte-eau.

M. Hersent ne croit pas qu'on puisse douter de mener ces travaux à bien. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Hersent de ses explications si claires et qui inspirent toute confiance. Il demande si l'on a d'autres objections à faire à l'exécution du projet présenté?

M. J.-F. PILLET demande à reprendre la question de navigation. Il fait

remarquer que les navires qui sillonnent le Pas-de-Calais sont des navires marchands, c'est-à-dire à grande vitesse, qui vont tous en ligne droite, choisissent les grandes profondeurs et ne s'approchent jamais des côtes ni des hauts-fonds; en négligeant donc les travées placées sur les bancs du Varne et du Colbart et qui ne seront pas empruntées par la grande navigation, on trouve que les travées en eau profonde présentent un espace disponible de 27 450 *m* avec 66 piles. De plus, chaque pile ayant 20 *m* de largeur et les bateaux se tenant à environ 20 *m* au moins, à droite et à gauche, c'est 60 *m* d'étendue immobilisée par chacune des 66 piles, il reste donc 23 *km* pour la grande navigation, au lieu de 30 dont elle peut profiter aujourd'hui: c'est une diminution de 7 *km* que le projet fait perdre à la partie utile du détroit.

M. Pillet dit qu'il faudra aussi munir les piles de 2 feux chacune pour la nuit et d'une sirène pour le brouillard. Chaque navire de son côté a son sifflet ou sa sirène ; cela fera 200 sirènes qu'on entendra et l'on ne saura plus de quel côté manœuvrer.

M. Pillet signale enfin la crainte que lui inspire l'énorme masse métallique du pont, au point de vue de l'influence qu'elle exercera sur le compas de route des navires. Si par temps de brouillard on passe le pont sans accident, rien ne dit que le compas de route n'aura pas été dévié par la masse métallique et que cette déviation ne fera pas jeter le navire à la côte. *(Applaudissements.)*

M. Polonceau croit qu'il faudrait bien s'entendre sur la question qui est soumise à la Société : MM. Hersent et Schneider ont communiqué un projet de pont sur la Manche, il faut l'étudier en dehors des questions maritimes, commerciales et internationales, qui ne sont pas de notre compétence et sur lesquelles nous n'avons pas à donner notre avis comme Société des Ingénieurs civils. Nous devons donc nous renfermer dans la question technique proprement dite et examiner s'il est possible d'exécuter le travail et quels sont les moyens à employer à cet effet.

M. Ed. Roy dit qu'accepter la discussion sur la question technique seulement, ce serait donner une sorte d'approbation au projet. Au point de vue technique, il n'a pas d'objection à faire, sinon pour ce qui concerne la difficulté des fondations; il est convaincu, d'ailleurs, que les Ingénieurs qui ont étudié le projet sont des hommes très compétents.

Mais il répète que discuter la partie technique sans regarder les questions à côté, ce serait donner une approbation tacite à l'ensemble du projet, et il ne peut accepter cela. *(Assentiment.)*

M. le Président dit qu'il existe plusieurs points sur lesquels nous pouvons nous prononcer : savoir tout d'abord si le projet présenté est inexécutable, puis s'il n'existe pas d'autre solutions susceptibles de donner des résultats plus simples, moins coûteux et plus parfaits. Quant à la question internationale, nous n'y pouvons rien ; n'examinons donc le projet présenté que sous ses aspects techniques et financiers ; il y a là un vaste champ de discussion dans lequel nous pouvons nous mouvoir utilement.

M. Grouselle annonce qu'il a préparé un travail sur les fondations et l'exécution des piles, dont il parlera à la prochaine séance.

M. Hersent dit qu'il a déjà reçu plusieurs lettres sur le même sujet : il est certain que la discussion ouverte devant la Société suscitera des idées nouvelles et permettra d'apporter des améliorations, mais il reste convaincu de la possibilité de fonder les piles aux profondeurs indiquées.

M. le Président remet la suite de la discussion à la prochaine séance : on s'occupera d'abord de la fondation des piles, puis de la superstructure métallique ; on passera ensuite aux autres questions.

La séance est levée à onze heures

Séance du 22 novembre 1889.

Présidence de M. V. Contamin, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures 1/2.

Le procès-verbal de la séance du 8 novembre est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

Chevaliers du Mérite agricole . MM. Alphand et Berger ;

Officiers de l'Instruction publique : MM. Berger, Delmas, Geneste, Sédille et Appert ;

Officiers d'Académie : MM. de Baecker, B.-P. Garnier, E.-P. Labro, Laprade, Vigreux et Duparc.

M. le Président annonce aussi que notre collègue, M. P. Krémer, a été nommé Ingénieur de l'administration de l'Assistance publique. C'est une situation importante dans laquelle on est à même d'appliquer un grand nombre de questions qui intéressent l'art de l'Ingénieur.

Il est donné communication d'une lettre de la Société des Ingénieurs et Architectes de Palerme, nous informant qu'un Congrès sera tenu dans cette ville en 1891 ; ceux de nos collègues qui voudront y assister pourront le faire moyennant une souscription de 12 *f.*

La Société a reçu également avis qu'un concours de meunerie aura lieu à Santiago (Chili) en septembre 1890. Ces renseignements divers sont à la disposition des membres de la Société au Secrétariat.

M. le Président est heureux d'annoncer qu'aux noms déjà publiés de ceux de nos collègues qui ont fait abandon de leurs titres de l'emprunt de 75 000 *f*, il y a lieu d'ajouter ceux de MM. Hallopeau, Couvreux, Trélat et Vinçotte, représentant un ensemble de quinze bons.

Il est donné lecture d'une lettre de M. A. Brüll, annonçant l'envoi de deux notes de M. Ventre-bey, relatives, l'une, à la construction d'un galvano-dynamomètre, et l'autre au contrôle du combustible consommé dans les machines élévatoires d'irrigation.

M. Ventre-bey, nouvellement admis parmi nous, s'acquitte ainsi de l'obligation imposée par l'article 7 des statuts. Il serait à désirer que cet exemple fût suivi par tous nos nouveaux collègues. *(Approbation.)*

A propos de nos collègues récemment décédés, M. le Président s'exprime ainsi :

Messieurs,

Notre Société a été éprouvée d'une manière toute particulière et pénible par la mort, dans le courant de cette semaine.

C'est tout d'abord un de nos collègues les plus actifs, les plus sympathiques, et qui, par son génie artistique, son esprit inventif et brillant, était l'un de ceux qui aidaient le plus au prestige professionnel de notre Société; je veux parler de notre très aimé ancien Président, Emile Muller, mort à Nice, le 11 novembre 1889.

Notre excellent Président, M. G. Eiffel, a retracé, en termes éloquents, sa carrière d'Ingénieur si bien remplie, et a exprimé, avec une grande chaleur d'âme et une vive émotion, toute la part que la Société prenait à la douleur de sa famille. *(Applaudissements.) Ce discours sera inséré* in-extenso *dans le Bulletin.*

Puis, l'un de nos collègues les plus jeunes, M. Ch. Dejey, qui a laissé parmi nous les meilleurs souvenirs et s'était, à bien des reprises déjà, signalé par la vivacité de son intelligence et l'esprit consciencieux avec lequel il étudiait les questions qui lui étaient soumises.

Deux autres de nos collègues enfin, sont enlevés pour toujours à nos réunions, ce sont MM. H. Pollet et L.-J. Henriet. Ce dernier était attaché depuis un grand nombre d'années à la Compagnie du Nord, où il remplissait les fonctions d'Inspecteur de la voie et avait su gagner l'estime et l'affection de ses collègues et chefs par le soin consciencieux et l'intelligence avec lesquels il remplissait les fonctions très importantes de surveillant de la voie et des travaux exécutés dans le 1er arrondissement. Puisse le témoignage de sympathie donné par la Société à la mémoire de nos collègues apporter un adoucissement au chagrin de leurs parents et aux regrets de leurs amis.

M. le Président a le regret d'annoncer également la mort de M. Joseph Jury, membre de la Société depuis 1867, et celle de M. Francis Pothier, qui était notre collègue depuis 1848.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement une suite de 759 planches in-folio, formant l'album des chemins de fer, données par notre collègue, M. Courtier, ainsi qu'un certain nombre de dessins et ouvrages remis par des membres de la Société qui avaient exposé dans notre salle de travail, au Palais des Machines.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de M. Jablochkoff sur une étude de *la production de la force motrice par l'électricité.*

M. LE PRÉSIDENT rappelle que c'est avec une grande attention que la Société a écouté à la dernière séance la communication de M. Jablochkoff; non seulement en raison de la considération qui s'attache à son nom, et de l'intérêt que présente le côté technique de la question, mais encore au point de vue de l'influence de la transmission de la force à domicile sur la moralisation de la classe ouvrière.

M. P. REGNARD dit qu'à la suite de la communication de M. Jablochkoff, si favorablement accueillie par la Société dans sa dernière séance, il lui a semblé qu'un petit supplément d'information pouvait être intéressant.

M. Jablochkoff, en effet, a donné a sa communication un caractère général, en insistant sur l'intérêt qui s'attache, suivant lui, à chercher désormais le progrès des sources d'électricité dans la voie chimique, dans le perfectionnement des piles, si délaissées relativement, tandis que les machines dynamos ont atteint rapidement une grande perfection.

Mais sur ses travaux personnels dans cette voie, M. Jablochkoff a passé très rapidement; aussi M. Regnard a-t-il désiré revoir, dans le laboratoire de l'inventeur, la pile qui a fonctionné devant la Société, et que M. Jablochkoff a dénommée pile acéto-accumulatrice. Cette pile se compose d'un vase extérieur en grès contenant l'acide étendu qui doit attaquer le zinc ou la fonte, et d'un vase central en charbon rempli de petits fragments de charbon.

Un cylindre en toile métallique entoure, sans le toucher, ce vase poreux, dont il est séparé par une toile enveloppant le charbon.

Le zinc ou la fonte, en minces fragments, sont placés dans le vase en grès, et s'appuient sur cette toile métallique. C'est ce zinc et la toile métallique qui forment le premier et le deuxième électrode, qui se trouvent en court circuit; la polarisation de l'électrode cuivre se produit très vite, et si alors on réunit cet électrode polarisé au charbon, le courant s'établit aux dépens du potentiel de l'électrode polarisé.

Le métal, zinc ou fonte, entre de nouveau en fonction, et rétablit en partie la charge perdue. Cette pile donne donc un courant fort au début, et qui diminue ensuite, reproduisant en quelque sorte le phénomène de l'énergie musculaire, susceptible de fournir, après un repos, un effort violent, un coup de collier, et de donner ensuite un travail continu, mais de moindre intensité.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Regnard de la description qu'il vient de faire et donne lecture d'une lettre de M. H. Hervegh communiquant la traduction d'un article du professeur John Perry, paru dans l'*Engineering and Mining Journal*, de New-York, du 2 novembre. M. Hervegh écrit qu'il résulte de cet article, que M. Perry poursuit depuis longtemps le même but que M. Jablochkoff, le premier en brûlant du charbon, le second en brûlant du fer, que le manque de détails sur l'appareil de M. Perry, rend impossible une comparaison des deux systèmes, mais qu'il paraît toutefois, qu'en ce qui concerne le bon marché de la force motrice obtenue, c'est, jusqu'à présent, M. Jablochkoff qui vient en tête.

M. JABLOCHKOFF rappelle à ce sujet qu'avant M. Ferry il a construit une pile analogue dont le principe est défini dans son brevet de 1876.

M. Hospitalier dit qu'il ne croit pas devoir laisser passer sans protester les affirmations produites par M. Jablochkoff à la dernière séance. Déjà, en 1885, il faisait présenter à l'Académie des Sciences, par M. Jamin, une pile à trois électrodes qui devait produire un cheval-heure, moyennant une dépense de 0,05; aujourd'hui M. Jablochkoff parle du prix de 0,12 à 0,15 par cheval-heure.

Mais M. Jablochkoff a négligé de dire qu'elle était la force électromotrice de sa pile et la consommation par cheval-heure; il s'est trompé de 300 pour 100; en calculant exactement, il aurait trouvé 75 watts au lieu de 300. M. Hospitalier ne peut, dans ces conditions, accepter le prix de revient établi par M. Jablochkoff; il ne voit pas, d'ailleurs, la possibilité de produire un cheval-heure en consommant seulement 500 *g* de fer.

M. Jablochkoff proteste contre les appréciations de M. Hospitalier, et tout en regrettant de ne pouvoir entamer ce soir une discussion de détail, il déclare ne pas vouloir rester sous le coup de l'accusation d'avoir apporté à la Société des chiffres faux.

M. le Président rassure M. Jablochkoff, en lui disant que la Société a retenu surtout de sa communication la question de principe, l'idée qui consiste à ajouter aux moyens de répartir la force motrice à domicile un autre procédé très séduisant; celui d'une distribution d'énergie électrique, obtenue par l'emploi d'une pile. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion du ***projet de pont sur la Manche,*** de MM. H. Schneider et H. Hersent.

M. le Président rappelle que dans la dernière séance, on s'est principalement occupé de la question diplomatique et des obstacles créés à la navigation du détroit par l'établissement du pont; ces deux questions ne pouvaient pas, d'ailleurs, être entièrement traitées ici; il reste à compléter l'examen technique du projet. A ce sujet, les explications fournies par M. Hersent paraissent de nature à donner confiance à ceux qui doutaient de la possibilité de fonder des piles de pont à 55 m de profondeur. Toutefois, MM. A. Grouselle et J. Fleury, ont quelques observation sur cette question des fondations.

M. Grouselle dit que les évidements projetés dans la pile unique qui supporte chaque couple de colonnes métalliques lui font éprouver de vives appréhensions.

En règle générale, dans l'intérieur du sol, et surtout dans l'eau, il faut faire du plein, à cause des dangers que présente le vide, ce qui ferait incliner M. Grouselle à préférer, dans tous les cas où une solution aérienne et une solution souterraine sont en présence, la solution aérienne.

M. Grouselle aimerait mieux faire, sous chaque colonne métallique, un pilier plein, à section circulaire, auquel on pourrait donner les dimensions nécessaires à la stabilité; les deux piliers voisins pourraient d'ailleurs être solidarisés par une armature métallique extérieure; occupant moins de place, ils feraient moins obstacle au mouvement des eaux et des corps flottants; ils diminueraient les difficultés du travail de fon-

dation, qui résultent des irrégularités du fond de la mer, et des pentes, du bon sol. Cette disposition faciliterait l'opération de la mise en place. Lorsque l'un des piliers serait fait, il fournirait un appui fixe pour l'exécution de l'autre.

M. Grouselle voit un danger, pour l'avenir de la maçonnerie, dans les armatures en fer, verticales et horizontales, qui, d'après le projet affleurent la paroi *extérieure*, l'oxydation du fer devant réagir sur la maçonnerie.

Il lui paraît préférable de composer les piliers d'un massif de béton continu dans une tour de pierre de granit. Ce massif serait armaturé, *à l'intérieur*, par un réseau métallique, dont les éléments verticaux continueraient ceux de la colonne métallique, et qui devraient être continués, dans le bon sol sur lequel on assoierait les piliers, par des pieux en fontes enfoncés à force dans des trous forés au préalable; on obtiendrait ainsi un *enracinement* des piliers, qui s'opposerait victorieusement à leur renversement sous l'action des courants et des chocs. Les trous pour les pieux serviraient à compléter l'exploration du sol; les pieux contribueraient à préserver la base des piliers contre les conséquences des érosions, sans prendre dans la mer plus de place qu'il n'est strictement nécessaire pour la bonne assiette des piles.

Dans ces conditions, tout le système, depuis le sommet des colonnes métalliques jusque dans l'intérieur du sol, serait complètement solidarisé, et résisterait d'ensemble.

Quant à l'exécution, M. Grouselle insiste vivement sur deux points :

1° La nécessité de faire au préalable toute la place de la maçonnerie, pour la construire ensuite d'ensemble;

2° La nécessité d'obtenir, d'une façon absolument sure et certaine, l'assiette des piles sur le bon et solide fond.

M. Grouselle ne pense pas que ce dernier résultat puisse être obtenu sans un certain travail d'encastrement dans le bon sol, et sans la présence effective de l'homme au fond de la fouille.

L'air comprimé, tel qu'il est employé actuellement, ne permet pas de tenir l'homme à plus de 30 *m* en contre-bas du niveau de l'eau, et il faudra descendre à au moins 60 *m*.

M. Grouselle croit que, pour les profondeurs supérieures à 30 *m*, il faudra recourir au seul procédé qui permette, en principe, de résoudre le problème *général* qui peut s'énoncer ainsi :

« Pratiquer un vide ou *trou* accessible à l'homme, dans n'importe » quel terrain, l'eau comprise, dans toute direction, et suivant des » dimensions données. »

Ou encore :

« Remplacer par l'air respirable une partie quelconque, solide, liquide » ou gazeuse, de l'écorce du globe terrestre. »

Ce procédé est celui du *bouclier* ou du *masque*, né dans les mines, employé avec réussite par notre célèbre compatriote Brunel au tunnel sous la Tamise, avec moins de bonheur par Guibal pour le fonçage d'un puits de mine.

M. Grouselle pense que ce procédé serait rendu pratiquement appli-

cable par l'emploi de l'air comprimé, envoyé derrière le masque, du côté du terrain, l'homme restant devant le masque, dans l'air respirable.

M. Grouselle a aussi étudié la question de l'emplacement du pont; des considérations de plusieurs ordres, développées dans le texte écrit de sa communication, qu'il remet sur le bureau, lui font penser que le tracé le plus favorable serait celui de Douvres à Sangatte.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Grouselle de la solution qu'il indique et qui est connexe de celle proposée par M. Hersent. Quant à la substitution de piles doubles aux piles uniques du projet, c'est une question délicate où entrent des considérations de pressions et de contreventement qu'il est difficile de décider *a priori*. Dans tous les cas, les deux solutions en présence paraissent pouvoir être également réalisables.

M. J. FLEURY exprime le désir, si la discussion sur les piles ne paraît pas épuisée, de soumettre à la Société et à M. H. Hersent, non pas un projet, mais une idée sur un mode de construction qui pourrait y être employé, et qui n'est pas celui par l'air comprimé.

On vient de voir à l'Exposition, et spécialement dans celle de M. Hersent, et dans le livre où il a résumé l'historique de toutes les grandes œuvres de sa maison, les merveilleux développements, les applications sans cesse agrandies de l'air comprimé et les immenses services rendus par ce procédé à l'industrie et, on peut le dire, à la civilisation. On comprend très bien que ceux qui sont devenus les maîtres dans l'emploi de l'air comprimé, qui lui doivent, comme M. Hersent, leurs plus beaux succès et leur légitime réputation, soient portés à y recourir de préférence, et on s'explique naturellement le mot que l'on prête à M. Hersent, à qui l'on fait dire: « Lorsqu'il n'y a pas d'air comprimé dans une affaire, je ne suis pas content. »

C'est donc avec une certaine timidité que M. Fleury exprimera l'idée que, dans le cas actuel l'air comprimé n'est pas nécessairement indiqué, et qu'il vaudrait peut-être mieux recourir à un autre procédé. Pour aller fonder dans des terrains inconsistants, l'air comprimé est merveilleux; il est, la plupart du temps, le seul procédé possible. Mais, dans l'eau, quand il n'y a ni vase, ni gravier, ni sable à traverser, quand il s'agit de fonder sur un terrain solide, l'air comprimé n'est peut-être plus aussi indispensable.

Son emploi peut, en outre, dans le projet actuel, présenter de très grandes difficultés. Ces difficultés ont paru à plusieurs de nos collègues, qui ont parlé sur la question, presque insurmontables; en tous cas, ils ont fait ressortir les grands dangers qu'offre l'opération. M. Fleury n'ira pas jusque-là; après les affirmations très explicites et très rassurantes de M. Hersent, il est disposé à croire que M. Hersent pourrait conduire à bien cette œuvre difficile. Il n'en reste pas moins effrayé de toutes les difficultés que comportent l'immersion en mer, par des profondeurs qui peuvent atteindre 58 *m*, d'un caisson aussi colossal que celui prévu par M. Hersent, la présence permanente autour de ce caisson de toute une flottille, le travail sous de si fortes pressions, etc. Il est porté à croire que la construction des piles par assises de gros blocs arrimés présenterait plus de facilités, et, peut-être, plus de rapidité et d'économie. Ce

procédé permet de ne laisser dehors aucun appareil par les gros temps. Les blocs, construits à terre, sont chargés sur des mahonnes, lesquelles à la première embellie, sont conduites par des remorqueurs à l'endroit convenable. Le déchargement, la mise en place, se feraient au moyen d'une puissante bigue, ou de tout autre appareil de levage, dont on conçoit la possibilité, et qui sortirait du port et y rentrerait avec les mahonnes. Ces blocs pourraient atteindre jusqu'à 120 ou même 150 tonnes de poids chacun. Les progrès de la métallurgie, de l'industrie mécanique, l'emploi peut-être de l'eau sous pression, permettraient la construction d'un appareil de levage suffisamment fort et docile.

On peut arriver ainsi à poser un bloc exactement et régulièrement, et dans un espace de temps relativement court. La pose paraît même devoir être plus facile en pleine mer que sur le rivage, comme lorsqu'il s'agit d'une jetée, puisqu'en pleine mer on aura le ressac en moins. La résistance d'un ouvrage de ce genre peut être aussi grande qu'on le voudra : l'expérience en a été faite dans quelques jetées construites dans des mers très difficiles.

M. Fleury rappelle qu'il y a quelques années, lui et son ami, M. Joubert, ont rendu compte à la Société de travaux de jetées exécutées par ce procédé. Les appareils se sont perfectionnés depuis; on sait encore mieux aujourd'hui qu'il y a dix ans, manier l'eau sous pression; on n'est plus effrayé par des pistons hydrauliques de grand diamètre. Aussi M. Fleury aurait-il toute confiance dans la réussite d'un procédé consistant à former les piles du pont sur la Manche au moyen d'assises en gros blocs arrimés; et, quoiqu'il n'y ait pas d'air comprimé, dans sa proposition, il demande à M. Hersent de lui accorder une certaine attention, si l'on doit un jour faire le pont sur la Manche.

M. Fleury fait remarquer à ce propos que l'exécution du pont sur la Manche conduit à une dépense très élevée ; et la considération de l'activité qui en résulterait pour la production métallurgique n'est peut-être pas absolument déterminante. Les auteurs du projet n'ont pas chiffré la dépense, mais elle sera certainement fort élevée, et, sans faire de calculs, on peut affirmer dès aujourd'hui que le pont coûtera plus cher que le tunnel. M. Hersent a dit lui-même beaucoup de bien du tunnel ; l'étude en a été faite avec un soin extrême, une grande rigueur scientifique et des procédés d'investigation aussi ingénieux que précis ; et on peut dire que cette magnifique étude est à l'honneur de la science et des savants qui y ont pris part. Après cette étude, on n'a plus eu le moindre doute sur la concordance, la continuité et la régularité d'allure des couches géologiques, et on a pu y tracer le tunnel en toute sécurité, avec la certitude de ne rencontrer ni failles, ni dénivellations, ni terrains fluents ou seulement perméables. Les travaux entrepris ensuite, plus de 2 000 *m* de galerie creusés en peu de temps avec la machine Baumont ont montré que le tunnel était faisable avec une dépense relativement modérée.

Cette dépense, M. Fleury croit qu'en toute hypothèse, elle sera moindre que celle du pont.

M. Fleury fait encore ressortir que le trafic peut se développer au delà de toute prévision, quand les Iles Britanniques seront reliées par une

voie continue au reste de l'Europe, et il est incontestable que le tunnel se prête mieux et plus économiquement que le pont à un élargissement permettant d'avoir quatre voies au lieu de deux. Pour le pont, en effet, le seul moyen de doubler sa largeur, ce serait d'en faire un autre. Enfin, avec le tunnel, les questions si délicates intéressant la marine et les relations internationales, dont la Société a été entretenue dans sa précédente séance, ne seront pas soulevées : le détroit ne sera modifié en rien, et la navigation ne s'apercevra de l'existence de son redoutable concurrent que par le détournement d'une partie du trafic.

M. Fleury pense donc que, si un jour voit tomber les préventions qui, jusqu'ici, se sont opposées à l'exécution d'une voie ferrée entre la France et l'Angleterre, le tunnel aura certaines chances d'être préféré. Mais, si c'est le pont, il croit que le procédé de construction des piles par assises de blocs arrimés mérite une certaine considération. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Fleury de ses observations qui viennent appuyer ce qu'on a dit déjà sur la possibilité de construire les piles de ce grand viaduc. Nous n'avons pas à étudier les questions économiques et financières, ni à établir de comparaison entre le projet du pont et celui du tunnel, il ne nous reste donc qu'à examiner, au point de vue technique, que la partie métallique de l'ouvrage.

Il y a là une série de questions qui, bien qu'étudiées par une maison dont la réputation est européenne, donneront sans doute lieu à quelques explications complémentaires. La forme adoptée pour les grandes fermes, les procédés de montage, la position occupée par la voie au point de vue de la sécurité, etc., peuvent donner lieu à une discussion utile, susceptible d'amener les auteurs du projet à y apporter des modifications et des perfectionnements.

Avant d'entreprendre cet examen, la parole est donnée à M. Hersent, qui désire répondre aux observations de MM. Grouselle et Fleury.

M. HERSENT dit qu'il est heureux d'avoir entendu les précédents orateurs affirmer la possibilité de fonder des piles à 55 *m* de profondeur dans la mer. Les améliorations proposées sont des corrections et non des objections de fond. M. Hersent ne partage pas l'opinion de M. Grouselle sur les piles doubles; la pratique a fait d'ailleurs abandonner ce système pour revenir à la pile unique, plus homogène et plus facile à exécuter; toutefois il retient les observations qui ont été faites, puisqu'en les examinant attentivement, on peut en tirer quelque renseignement utile.

M. Hersent remercie également M. Fleury qui, avec sa grande expérience, a, par le moyen qu'il préconise, levé les objections relatives aux fondations à 55 *m* de profondeur. M. Hersent dit qu'on ne peut que se réjouir d'avoir exposé cette question devant des hommes compétents pouvant fournir des éclaircissements utiles. Il ne partage pas les inquiétudes manifestées à l'égard de la pente du fond de la mer, et ne croit pas qu'on aurait intérêt à changer la direction du tracé, le sol du fond de la mer étant partout le même, à Calais et à Boulogne aussi bien qu'à Trouville. Du reste, quand on passera à l'exécution d'un semblable projet, il faudra étudier rigoureusement l'emplacement choisi et procéder à des sondages sérieux. En résumé, pour les fondations, la question paraît élucidée, on

est d'accord pour trouver que ce travail est possible; c'est le point qui intéresse le débat.

Pour ce qui est des écueils au point de vue nautique, dont on a parlé à la précédente séance, M. Hersent dit qu'un écueil qu'on voit, n'existe presque plus. On a dit aussi que la grande masse métallique du pont empêcherait les navires de gouverner à la boussole, mais cela se produit fréquemment; vers le Bec d'Ambès, devant le cap de Fer, dans la Méditerranée, la boussole est affolée. M. Hersent croit avoir répondu aux objections présentées et remercie de nouveau, — non les antagonistes, — mais les amis qui ont pris la parole. (*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Hersent de ses explications supplémentaires qui placent sous un nouveau jour cette question des fondations. Nous allons aborder maintenant ce qui concerne la partie métallique.

M. Forest fait observer que le tablier ne porte que deux voies. Pour le moment, cette installation, permettant une circulation qui peut être poussée jusqu'à 400 trains par jour, est suffisante, en régime normal, mais en cas d'obstruction d'une voie par suite d'un déraillement, d'un accident quelconque, ou même de substitution de rails ou traverses, le trafic pourrait être compromis pendant un laps de temps plus ou moins considérable.

Si, plus tard, par suite du développement du transit, il était besoin d'ajouter de nouvelles voies, les dispositions du tablier ne semblent pas permettre cette adjonction. La plate-forme paraît également trop exiguë, avec 8 *m* entre les garde-corps, il ne reste que 1,50 *m* d'accotement, c'est-à-dire pas de place pour constituer des abris, des dépôts de matériaux, ni pour garer un lory.

Enfin dans le cas de déraillement ou d'avarie de machine le train pourrait être précipité à la mer; on pourrait peut-être, comme à Garabit, parer à cette éventualité par l'addition de poutres latérales qui retiendraient le train déraillé dans l'ossature du pont. M. Forest demande, en terminant, si l'on a suffisamment prévu les effets de dilatation qui seront considérables dans un pont de cette longueur.

M. Pradel répond qu'on n'a pas étudié à ce point de vue tous les détails du pont. Il dit que des personnes compétentes ont affirmé que non seulement pour le présent, mais pour l'avenir, deux voies seraient suffisantes. On a prévu en outre des ornières assez profondes pour obvier aux conséquences d'un déraillement, on pourrait peut-être augmenter cette protection par l'addition de poutres à la hauteur du garde-corps ; c'est un détail à examiner. On n'a pas eu d'ailleurs la prétention de présenter une œuvre absolument définitive, mais de prouver que l'exécution de cette œuvre était possible. La largeur réduite de 8 *m* n'existant que dans la partie centrale des travées, partout ailleurs on aura la place nécessaire pour les dépôts de matériaux et les voies de secours, cette largeur de la plate-forme atteint 25 *m* pour les plus grandes travées. Quant aux effets de dilatation ils ont été localisés dans la partie indépendante qui se trouve au milieu de la grande travée.

M. le Président remercie M. Pradel de ses explications, il est per-

suadé qu'au moment de l'exécution du projet définitif, on saura remédier aux inconvénients signalés, d'autant plus que le tablier supportant la voie de fer est la partie la moins coûteuse de l'ouvrage. aujourd'hui il importe surtout de savoir si la construction même du pont, avec ses grandes poutres en porte-à-faux, constitue la solution la plus avantageuse.

M. Pradel dit à ce sujet que l'idée de faire des poutres en arc a été écartée, d'abord parce qu'il importait de laisser partout la même hauteur libre sous le pont pour la navigation, et aussi parce que cette solution s'opposait au montage de l'ouvrage par flottage de préférence au système par cheminement dans le vide. M. Baker, consulté à ce sujet, est d'avis que le flottage et la mise en place des grandes travées ne saurait donner lieu à de grosses difficultés.

On a fait des objections, au point de vue de la forme adoptée dans le sens transversal, la section passant de la forme triangulaire sur les piles à la forme rectangulaire au milieu des travées ; mais on n'a pas voulu prolonger jusqu'au bout cette forme triangulaire pour éviter d'avoir aux extrémités en porte-à-faux une hauteur de 28 à 30 *m*, alors que celle de 11 *m* était suffisante ; d'ailleurs les surfaces gauches que crée ce changement de section ne présentent aucun inconvénient.

M. le Président dit que la solution en arc le séduisait surtout à cause du montage, il n'est pas sans inquiétude sur la question du flottage des grandes poutres et de leur élévation à 71 *m* au-dessus du niveau de la mer ; cette opération lui paraît le seul point délicat dans l'exécution du projet.

M. Pradel le reconnaît, mais il envisage sans crainte, étant donné les moyens très puissants, comme les presses hydrauliques de 3 000 *t* et plus, dont on dispose. Il y avait d'ailleurs un autre procédé qui a été examiné ; c'est celui du transport des pièces par éléments très petits et de leur mise en place sur un chantier et à l'aide de piles provisoires ; c'est le système du pont du Forth qui vient d'être achevé ; mais ce pont du Forth, ne représente que $\frac{1}{16}$ de ce que serait le pont sur la Manche : 58 000 *t* au lieu de 928 000 *t*.

M. S. Périssé manifeste quelque inquiétude au sujet du transport des poutres sur chalands par la navigation de trois chalands accouplés au moyen de poutres de 9 000 *t*. Il croit que deux chalands donneraient une sécurité plus grande. Les ondulations de la mer atteignant 3, 4 et 5 *m* ; en chargeant 3 200 *t* sur chaque chaland avec un tirant d'eau de 6,50 *m*, on enfoncera de 3,80 *m*, il ne resterait que 2,70 *m* au-dessus de la flottaison, dans ces conditions, avec des ondulations doubles de ce chiffre, un chaland coulera, et si c'est un chaland extérieur tout le chargement ira au fond. M. Périssé croit donc que deux chalands vaudraient mieux que trois.

M. Pradel répond qu'on a été amené aussi à considérer les mouvements dans le sens transversal, et qu'on a pensé à augmenter le nombre

des chalands pour s'opposer aux effets de torsion ; à ce point de vue plus il y aura de chalands plus ces effets seront réduits.

M. Périssé approuve la forme adoptée pour les poutres, qu'il croit de nature à résister le mieux à l'action du vent.

M. Pradel dit que c'est cette forme, imaginée un peu par M. Baker, qui se retrouve dans la plupart des grands ponts. Dans celui qu'on va construire en Roumanie sur le Danube, après avoir essayé toutes les formes possibles. on est revenu à celle-ci, avec travées de 200 *m*, qui seront sans aucun doute montées par flottage avec élévation au moyen de la presse hydraulique.

M. Charton demande si l'on a prévu la question d'entretien.

M. Pradel répond qu'au moment voulu on fera appel aux chimistes pour trouver un enduit protecteur; on emploie beaucoup au Creusot la galvanisation, on en fait 15 à 20 000 *kg* par jour, peut-être trouvera-t-on autre chose. Dans tous les cas, il faudra une brigade permanente pour l'entretien de la peinture du pont.

M. le Président dit que toutes les observations qui viennent d'être faites semblent démontrer la possibilité d'exécuter ces travées métalliques; ce qui ne pouvait faire doute du moment que l'avant-projet avait été étudié par le Creusot. Il demande si l'on a des objections à formuler contre la forme même de la poutre en treillis.

M. Pradel répond qu'on a envisagé différentes hypothèses et qu'on s'est arrêté à la forme la plus économique et la plus simple, à sécurité égale, bien entendu.

M. le Président conclut que, laissant de côté la question financière, on peut considérer un pont semblable comme possible à exécuter; il remercie, au nom de la Société, M. Hersent, le Creusot et M. Pradel de nous avoir fait cette communication qui a été écoutée avec beaucoup d'intérêt.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Grille sur *le Chemin de fer à voie étroite de l'Exposition.*

M. Ch. Grille demande d'abord la permission d'exprimer à MM. Contamin et Charton toute sa reconnaissance pour l'aide et les conseils précieux qu'il a toujours trouvés près d'eux pendant toute la durée de l'Exposition, et il dit que c'est bien à eux qu'on doit attribuer la plus grande part du succès de l'entreprise.

Le chemin de fer de l'Exposition, dit M. Grille, partait de l'Esplanade des Invalides, traversait l'avenue de Latour-Maubourg en passage à niveau, suivait une contre-allée du quai d'Orsay, passait sous la place du pont de l'Alma, sortait de l'Exposition au passage à niveau de l'avenue Labourdonnais, passait en tranchée couverte à la tête du pont d'Iéna, puis s'infléchissait à angle droit pour suivre l'avenue de Suffren jusqu'à la galerie des Machines.

Le parcours total était de 3 000 *m*.

Il y avait cinq gares.

Au point de vue du profil, la ligne comportait des rampes de 25 et 28 *mm* par mètre, et en plan, des rayons de 30 *m* et de 42 *m* en pleine voie, de 20 *m* dans les croisements et sorties de gares. Une courbe et contre-courbe de 30 *m* de rayon coïncidait avec une rampe de 28 *mm*. et une courbe de 42 *m* de rayon et de 90° de développement avec une rampe de 25 *mm*.

Le gabarit était fort restreint, 5,20 *m* en largeur, 2,96 *m* en hauteur: il n'y avait en effet que 5,20 *m* entre les arbres du quai d'Orsay. Ce passage était si juste qu'il a fallu rogner les bords des abris des locomotives qui abîmaient l'écorce des arbres.

Les passages à niveau avaient été munis de barrières, mais, dans la pratique, la barrière prenant trop de temps pour la manœuvre, elle avait été remplacée par une corde molle ce qui permettait de ne fermer le passage à niveau que pendant 45 secondes pour laisser passer un train.

L'alimentation était assurée à la gare de la Concorde par un château d'eau, type adopté par les ateliers de Petit-Bourg.

Voie. — La voie était du système Decauville, c'est-à-dire que les rails étaient rivés sur les traverses; ces dernières étaient du type du capitaine Pechot, qui par des efforts constants et son intelligent dévouement a doté l'artillerie d'un système de voies portatives et de matériel roulant étudiés dans les ateliers de Petit-Bourg pendant plusieurs années. Le chemin de fer de l'Exposition a montré que la voie militaire française peut aussi bien servir au transport de millions de voyageurs à la vitesse de 30 *km* à l'heure qu'à celui de canons de 50 *t*.

La largeur de cette voie est de 0,60 *m* de bord en bord des rails. Le rail pèse 9,5 *k* le mètre courant, et chaque longueur de 5 *m* est rivée sur huit traverses type Pechot.

Dans cette traverse, formée d'un fer à U, en acier, les extrémités sont embouties suivant un demi-cercle, les bords restant toujours verticaux.

C'est là un point important, en effet, il est impossible, surtout avec les voies portatives d'empêcher les traverses de varier, or, lorsque le profil d'une traverse métallique présente des parties obliques, à chaque soulèvement de la traverse le ballast est désagrégé et vient à couler en dessous: la traverse devient rapidement instable, il n'en est pas ainsi avec les rebords verticaux, la traverse reprenant sa place.

Des mesurages ont été faits sur les voies du chemin de fer de l'Exposition, ils ont donné les résultats suivants :

Tracé en pleine voie	0,4 *mm*
» sur rampes de 0,25 *mm*	0,5
» en gare sur partie où les freins étaient serrés.	1,2

Après un passage de 1 200 000 *t* brutes, aucun rivet n'a cédé sur toute la longueur de la voie.

Les croisements. aiguilles et pointes de cœur ont aussi parfaitement tenu, bien que certains aient supporté le passage de plus de 1 000 000 de trains ou machines.

Locomotives. — Les locomotives étaient du type Mallet compound articulé, à deux groupes de deux essieux; ces machines pèsent 11,5 *t* en ordre de marche, elles sont déjà trop connues pour en faire la description. M. Grille se contentera donc d'indiquer les résultats pratiques qu'elles ont donnés.

Ces machines ont fait pendant six mois 16 heures de service sur 24 avec des parcours de 3 900 *km* par mois à la vitesse moyenne de 23 *km* à l'heure; elles n'ont jamais donné lieu à aucune réparation importante.

Leur consommation était de 3,7 *k* de coke d'usine à gaz par kilomètre de parcours. La consommation d'huile 0,27 *k* d'huile minérale par kilomètre. Cette dépense élevée venait de ce que les mécaniciens n'avaient pas le temps de graisser les machines, et qu'ils devaient verser l'huile rapidement et un peu au hasard.

Chaque machine était montée par deux équipes qui se remplaçaient de manière à ne jamais demander plus de 8 heures et demie de service à chaque mécanicien ou chauffeur.

Nous avons fait relever soigneusement, dit M. Grille, les diagrammes du travail de la vapeur dans ces machines, cette recherche, confiée à M. H. Zemette, chef de traction, qui l'a conduite à bien d'une manière très intelligente, nous a montré que le travail entre les deux groupes moteurs n'était pas égal. Ainsi sur une rampe de 28 *mm*, alors que les cylindres de pleine admission produisaient 36 chevaux, les cylindres de détente n'en produisaient que 20.

Après examen des diagrammes avec M. Mallet, nous avons modifié les recouvrements des tiroirs et obtenu une égalisation complète entre le travail des deux groupes.

Grâce à l'obligeance de M. le colonel Laussedat qui nous a prêté un dynamomètre nous avons pu également faire des recherches au point de vue de la résistance à la traction en service pratique.

Ces expériences nous ont montré qu'à la vitesse de 25 *km* la résistance au roulement ne dépassait pas 2,5 *k* par tonne de train, et qu'en rayon de 42 *m* elle ne s'élevait qu'à 3,5 *k*; sur courbe et contre-courbe de 20 *m* de rayon sans alignement droit entre les courbes de sens inverse, la résistance à la vitesse de 10 *km* à l'heure s'élève à 7 *kg* par tonne.

Les voitures avaient été étudiées spécialement pour le service de l'Exposition; longues de 9,25 *m*, larges de 1,80 *m*, elles portaient 56 voyageurs pour une tare de 3 *t*, soit 55 *kg* par voyageur environ. Montées sur boggies, ces voitures passaient librement dans les courbes de 20 *m*.

Il avait été mis une voiture fermée, à deux essieux, type tramway, qui, bien qu'inférieure aux précédentes au point de vue du roulement, n'a donné lieu à aucun ennui.

Le graissage était fait au moyen d'huile minérale russe.

Le dépôt des machines avait été installé en dehors de l'Exposition; il comportait un petit atelier, une remise, une fosse à piquer et des vérins pour mutation de roues.

La fosse mérite une mention spéciale : elle avait 2,80 *m* de largeur, la voie était formée par des rails de 36 *kg* reposant tous les 1,50 *m* sur des traverses formées d'un fer double T. La profondeur était de 1,20 *m*; de cette manière, la machine se trouvait, une fois mise sur la fosse,

parfaitement accessible pour un homme debout et descendu dans le fond; cette fosse a rendu des services inestimables.

Quatre vérins à chevalets permettaient de faire les mutations de roues rapidement et facilement.

Appareils de sécurité. — Les appareils de sécurité étaient de plusieurs sortes : en premier lieu, les gares et les passages à niveau étaient munis de disques manœuvrés à distance; en outre, des appareils de Baillehache avaient été appliqués à toutes les gares et passages à niveau.

Ces appareils consistent en une pédale d'une forme particulière et isolée, le passage de la roue sur cette pédale ferme le circuit et une sonnerie se met en marche au poste suivant; l'appareil automatique ne faisait que répéter le signal déjà fait à la main, avec un bouton de sonnerie, par le chef de gare en expédiant un train.

Il était interdit à un chef de poste de laisser passer un train à moins de 90 secondes derrière un autre.

Les cantonnements étaient au nombre de sept; l'espacement des trains était ainsi parfaitement assuré. La preuve en est en ce que pendant toute la durée de l'Exposition, il n'y a pas eu une seule rencontre de trains.

Un réseau téléphonique, avec appareil de M. Bernheim, complétait les moyens de communication. Cet appareil de M. Bernheim serait parfait, au point de vue de l'exploitation des chemins de fer, s'il était accompagné d'un phonographe enregistrant les dépêches; il serait alors supérieur à tout télégraphe écrivant.

Des règlements généraux imprimés réglaient les services et, à ce titre, peuvent être classés parmi les mesures de sécurité.

Au point de vue de la marche des trains, ceux-ci étaient réglés par un horaire qui était rigoureusement suivi; les trains étaient numérotés de 1 à 252 pour les jours de semaine. Pour le dimanche et jours d'affluence, une autre marche de trains permettait d'intercaler 42 trains de midi à sept heures du soir, soit 294 trains.

Comme il n'y avait pas de voies de garage et qu'il fallait desservir la gare de la Tour Eiffel, indépendamment de celle de la Galerie des Machines, on avait été conduit à avoir des trains directs qui, gagnant ainsi trois minutes, pouvaient arriver et repartir entre deux trains omnibus.

L'effectif du personnel était considérable : 265 agents, en moyenne; mais il était nécessaire de doubler le personnel, car on ne pouvait lui demander dix-sept heures de service, et, d'un autre côté, le gardiennage de la voie, des passages à niveau, absorbait à lui seul 120 hommes.

Ce personnel, rapidement constitué avec les éléments les plus divers, a promptement acquis les qualités les plus désirables dans un personnel de chemin de fer. Poli, exact, d'une discipline parfaite, il a toujours apporté un zèle et, on peut le dire, un enthousiasme remarquable; il sentait qu'il participait pour une part énorme dans le succès de l'Exposition. M. Grille ajoute qu'il ne croit pas qu'il soit possible de trouver cet entrain, cette envie de bien faire, autre part que dans un personnel français, toujours disposé à se dévouer ponr une œuvre nationale. *(Applaudissements.)*

Le faible espace ménagé au chemin de fer Decauville a conduit à employer des moyens très particuliers pour arriver à satisfaire à un trafic

aussi énorme. Il a fallu organiser les queues comme aux théâtres, puis interdire l'accès des voies aux voyageurs. La disposition qui a prédominé est celle de l'éclusage, si on peut s'exprimer ainsi, des voyageurs, contenus dans des barrières renfermant le chargement d'un train, 400 voyageurs. Un train arrivant était aussitôt évacué et rempli par les 400 voyageurs approvisionnés. On a pu réduire ainsi à trois minutes le temps nécessaire pour vider un train de 400 voyageurs et en embarquer 400 autres.

Avec une minute de battement pour l'arrivée et le départ, un train toutes les quatre minutes était la limite extrême de l'exploitation ; avec des voies de garage, il aurait été possible d'expédier quatre fois plus de trains sans aucun danger, grâce au système de cantonnement.

La statistique des trains donne les résultats suivants:

Nombre de trains	42 500	
Kilomètres parcourus par les trains	106 250	
Kilomètres parcourus par les machines	113 882	
Effectif des locomotives	6	
Consommation de coke par *km* de train	3,7	*kg*
Nombre de voyageurs transportés	6 342 000	
Tonnage brut remorqué	1 781 018	*t*
Tonnage utile (non compris la machine)	421 000	*t*
Nombre de *t* brutes transportées à 1 *km*	34 525 450	*t*
Recette brute par *km* (en six mois)	550 000	*f*
Dépenses d'exploitation (en six mois)	160 000	*f*
Prix de revient du *km* de train	3,765	*f*

La recette ayant dépassé 1 650 000 *f* pour trois *km*, on voit qu'en rapportant à l'année la recette kilométrique brute serait de 1 100 000 *f*.

Il convient d'ajouter cependant que les frais de construction et d'amortissement ont été énormes.

Le bénéfice n'était pas au reste le but poursuivi dans l'exploitation de cette ligne. La Société Decauville avait voulu montrer d'une manière indiscutable que les voies métalliques de son système à largeur très réduite pouvaient convenir à des trafics énormes, et que le matériel destiné à circuler sur ces voies présentait une stabilité parfaite.

Le service du chemin de fer de l'Exposition, qui a pu fonctionner ainsi sous vos yeux pendant six mois, s'est effectué sans un seul accident (1).

Nous serons heureux, dit en terminant M. Grille, si nous sommes arrivé à montrer qu'il est possible de doter les plus petites bourgades des bienfaits du chemin de fer, car la souplesse des voies Decauville est telle qu'il devient possible de passer à peu près partout en évitant les travaux d'art et les terrassements.

Ce que nous avons poursuivi, c'est la vulgarisation du chemin de fer qui doit être à la portée de tous, si on proportionne l'outil à la besogne à faire.

Il faut arriver à introduire partout cet élément de production à bas prix, et pour cela il faut arriver non seulement à construire économi-

(1) Voir planche 229.

quement, mais encore exploiter commercialement, et c'est vers ce but que tendent tous nos efforts. *(Applaudissements.)*

M. Charton dit que M. Grille a parlé de ses agents dévoués et de l'admirable organisation de tous les services; mais il n'a pas dit que c'est à lui que revient tout le mérite de cette organisation. M. Charton désire lui rendre ici cette justice. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Grille de sa communication et M. Charton des paroles qu'il vient de prononcer. Il ajoute que chargé du contrôle de la ligne, il a bien vite reconnu combien les mesures restrictives sont inutiles. On n'a eu, du reste, aucune réclamation à enregistrer et le public s'est habitué très vite à cette liberté, de sorte que tous les accidents ont été évités et que l'exploitation a été grandement facilitée.

Cette absence de mesures restrictives est intéressante à signaler. c'est une caractéristique des résultats auxquels a donné lieu le chemin de fer Decauville à l'Exposition. *(Applaudissements.)*

La séance est levée à onze heures un quart

RÉCEPTION

DES

INGÉNIEURS BELGES ET HOLLANDAIS

PAR

M. L. CAEN

Le compte rendu détaillé de la réception des Ingénieurs belges et hollandais, que nous vous exposons a été établi à l'aide des renseignements que nous devons à l'obligeance de notre vice-président, M. S. Périssé, et des Commissaires qui ont bien voulu se charger de prendre des notes sur les diverses visites.

Comme pour les réceptions précédentes, un programme avait été soigneusement étudié, et la Société des Ingénieurs civils s'était mise en rapport avec les Sociétés belges et hollandaises pour organiser les détails et donner satisfaction à nos hôtes.

Plus de 500 Ingénieurs belges et hollandais avaient répondu à notre invitation et représentaient les principales sociétés de ces deux royaumes.

L'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège : Président, M. Montefiore-Lévy, et secrétaire, M. Habets.

L'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand : Président, M. Morelle, et secrétaire, M. Th. d'Hauw.

La Société des Ingénieurs de l'Université de Louvain : Président, M. Fabry, et secrétaire, M. Flettweis.

La Société des Ingénieurs de l'Université de Bruxelles : Président, M. Van Drunen.

La Société des Ingénieurs sortis de l'École des Mines du Hainaut, à Mons : Président, M. Briard, et secrétaire, M. Wuillot.

L'Institut royal Néerlandais : Président, M. Michaëlis, et secrétaire, M. Tideman.

Le mardi 10 septembre, à neuf heures du matin, nos invités se

trouvaient réunis au salon de la Société des Ingénieurs civils où M. Contamin, vice-président, assisté des Commissaires de la Société, leur a adressé les paroles de bienvenue suivantes :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

La Société des Ingénieurs civils de France est heureuse de pouvoir vous souhaiter la bienvenue dans cette enceinte. Vous appartenez, en effet, à des pays auxquels nous sommes tout d'abord profondément reconnaissants de la sympathie qu'ils nous témoignent depuis si longtemps et qu'ils veulent bien nous continuer, qui de plus nous ont fait la très grande amitié de contribuer pour une part des plus importantes au succès de notre Exposition, et qui enfin soutiennent avec nous le bon combat pour le bien-être de tous et le bonheur de l'humanité.

Comme Ingénieurs, nous vous trouvons toujours marchant de l'avant dans la voie du progrès et aidant dans une large mesure aux développements de plus en plus féconds des applications à l'industrie et à l'agriculture que, dans notre profession, nous avons à faire des principes immuables de la science.

Lorsque nous avons des renseignements à vous demander, vous nous accueillez avec une cordialité à laquelle nous sommes on ne peut plus sensibles, vous nous montrez sans arrière-pensée toutes les faces des problèmes qu'un travail assidu et continu vous a permis de résoudre, vous laissez enfin, à tous ceux avec qui vous êtes en rapport, les meilleurs souvenirs.

Aussi, soyez assurés, Messieurs et chers Collègues, de notre profond désir de vous être agréables en toutes choses ; nous allons faire de notre mieux pour vous témoigner toute notre estime et notre affectueuse considération. Nous voulons que vous emportiez de notre cher pays la conviction que vous n'y comptez que de bons et dévoués amis.

De chaleureux applaudissements accueillent ces paroles, et MM. Morelle et Montefiore-Lévy, pour la Belgique, M. Michaëlis, pour la Hollande, y répondent de la façon la plus aimable en exprimant à la Société toute la satisfaction qu'ils éprouvent à se trouver au milieu de leurs collègues français.

Nous devons remercier particulièrement M. Montefiore-Lévy, de l'empressement qu'il a mis à répondre à notre invitation.

Après ces discours, les groupes se forment aussitôt, comme pour les visites des Ingénieurs américains et anglais, et sous la conduite des Commissaires, membres de la Société, se rendent à la Section belge où M. Carlier, commissaire général, assisté de M. Carey, ingénieur de la Section belge et membre de notre Société, offre à nos invités le vin d'honneur.

Puis, chaque groupe se dirige vers les sections de l'Exposition qu'il désire visiter.

La visite était terminée à midi.

Soirée à l'Hôtel de la Société.

Le soir à neuf heures, à l'hôtel de la Société, nos invités étaient reçus par M. Eiffel, assisté des membres du Comité et des membres de la Société.

L'Hôtel, richement décoré, offrait à nos hôtes des distractions variées. La disposition de la salle était la même que celle qui avait eu tant de succès lors de la réception des Ingénieurs anglais; la salle des séances, recouverte d'un plancher, servait de salon de réception. Nous devons adresser ici nos remerciements à M. Serpollet qui avait installé un de ses moteurs pour fournir l'éclairage électrique supplémentaire; à M. J. Damoizeau, pour son intéressant appareil photo-panoramique; à M. Trouvé, pour ses projections; à M. L. Berthon, pour ses auditions téléphoniques.

Dans le salon de réception, l'orchestre des Lautars alternait avec M. Gibert qui a obtenu le plus grand succès dans ses imitations des chansons de différents pays. Dans la bibliothèque était dressé un buffet.

La soirée, qui s'est terminée à une heure très avancée, a été pleine d'entrain et nous avons quitté nos invités en leur donnant rendez-vous pour le lendemain.

Déjeuner à la Tour de 300 mètres.

Le mercredi 11 octobre, à 8 heures et demie du matin, tout le monde se trouvait réuni au pied de la Tour et l'ascension commençait par le pilier Sud dans le même ordre que pour les visites précédentes. Les commissaires ayant l'expérience de deux ascensions pareilles, avaient organisé le service depuis le pied de la Tour, sur les diverses plates-formes, jusqu'au phare où M. Eiffel lui-même faisait les honneurs de son appartement assisté de MM. A. Salles et A. Ansaloni, nos collègues. A midi tout le monde se trouvait réuni à la première plate-forme pour le déjeuner.

Vu le grand nombre des personnes présentes (550 environ) le déjeuner a eu lieu au restaurant Brébant et au restaurant d'Alsace-Lorraine. Le premier présidé par M. G. Eiffel, président de la Société; le second par MM. V Contamin et E. Polonceau, vice-présidents.

On remarquait à la table d'honneur, parmi nos invités, MM. Carlier, commissaire général belge, Van-Lier, consul général des Pays-Bas, Morelle, Montéfiore-Lévi, Michaëlis, le baron Sadoine, Navaro-Reverter, député aux Cortes, Bechmann, Ingénieur en chef

des Ponts et Chaussées, Noblemaire, Launay, Castel, Coffinet, etc.

A ce banquet, plus animé que les précédents, à cause de la communauté de langage, nos collègues belges étant en grande majorité, a régné la plus grande cordialité.

Au dessert, M. Eiffel se lève et commence la série des toasts.

Toast de M. G. Eiffel

Messieurs et chers Collègues,

Je veux avant tout réunir dans un même toast, comme symbole de l'union de nos patries, les noms de leurs chefs respectés et je vous prie de lever nos verres en l'honneur de S. M. le roi des Belges, de S. M. le roi des Pays-Bas et de M. Carnot, le Président de la République française *(Bravo ! Bravo ! — Hourra ! Hourra ! Hourra ! Triple salve d'applaudissements)* ... que nous pouvons, nous tous qui sommes ici, réclamer, en sa qualité d'Ingénieur, comme l'un des nôtres. *(Applaudissements répétés. Ban.)*

Messieurs et chers Collègues,

Je suis heureux d'avoir aujourd'hui, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, à faire accueil sur cette Tour aux Ingénieurs belges et néerlandais. C'est pour nous une occasion nouvelle de les assurer de la haute estime dans laquelle nous les tenons, et de tâcher de nous acquitter de notre mieux de la reconnaissance que nous leur devons pour l'accueil chaleureux et sympathique qu'ils ont toujours fait aux Ingénieurs civils français. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)* Nous avons notamment présent à notre mémoire le dernier voyage fait par notre Société chez vous, lequel a laissé dans notre esprit à tous des souvenirs si vifs. Je dois donc, avant tout, vous en adresser tous nos remerciements, et je voudrais que vous y trouviez l'écho, non affaibli par le temps, des sentiments que nous avons éprouvés alors. *(Nouveaux applaudissements.)*

Je vous disais que j'étais heureux de vous recevoir sur cette Tour, parce qu'elle est une des parties importantes de notre Exposition *(Oui ! Oui ! — Longs et vifs applaudissements.)*, dans laquelle beaucoup d'entre nous, membres de cette Société, ont fait les plus grands efforts pour que la France se montre digne d'elle-même et de son glorieux passé, à ce rendez-vous auquel elle a convié les nations. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

Vous êtes trop nos amis pour ne pas penser, comme nous, qu'elle y a complètement — et vous m'en avez déjà donné l'assurance — réussi ; ces palais, ces jardins qui nous entourent, ce concours inouï de visiteurs, en sont la preuve éclatante.

Nous aimons à penser que vous en rapporterez dans votre pays un bon souvenir. *(Oui ! Oui ! — Applaudissements enthousiastes.)*

Vous y aurez vu une France qui travaille et qui pense *(Bravo ! Bravo !)*, qui se fait gloire non seulement de ses artistes, mais aussi de ses tra-

vailleurs de tout ordre et de tout rang, et qui ne cherche qu'à entretenir avec toutes les nations les relations les plus amicales, en marchant avec elles dans la voie du progrès. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements chaleureux. — Cris de : Vive la France !)*

Cette Exposition aura servi à effacer bien des préventions, et je ne crois pas me tromper en supposant qu'un grand nombre de peuples regrettent de ne pas y participer d'une manière plus complète. *(Très bien ! Très bien ! Applaudissements.)*

Pour vous, Messieurs et chers Collègues, nous sommes assurés à l'avance de toutes vos sympathies, comme vous savez que les nôtres vous sont acquises, non seulement par les étroites relations commerciales et industrielles que nous avons avec vous, mais encore par notre confraternité d'Ingénieurs et notre commun dévouement à un même drapeau : celui du progrès de l'humanité ! *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)*

Vous en êtes parmi les plus vaillants soldats. En effet, la Belgique et les Pays-Bas sont petits comme territoire ; mais la place que ces deux peuples occupent dans le monde est considérable *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)* par leur activité, par leur science, par leur goût des arts et aussi par leurs grandes qualités morales et leur amour de la liberté. *(Bravo ! Bravo ! — Longs et vifs applaudissements.)* C'est à tous ces titres, qui leur ont acquis nos plus sincères sympathies, que je bois à la prospérité du peuple belge et du peuple néerlandais. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements chaleureux.)* Je bois plus particulièrement à la prospérité des grandes écoles de Liège, de Gand, de Bruxelles, de Louvain et de Mons, ainsi qu'à l'Institut Royal Néerlandais, dont vous êtes ici les représentants et que nous avons l'honneur et le plaisir d'avoir au milieu de nous. *(Bravo ! Bravo ! — Triple salve d'applaudissements.)*

Puis MM. Carlier, Montefiore-Levi, Michaëlis, Morelle, Tideman, de Koning, prennent la parole dans les termes suivants :

Toast de M. Carlier

Messieurs,

S'il est une tâche presque toujours ingrate, et souvent bien difficile, c'est celle de représenter son pays, comme j'ai l'honneur de le faire.

Mais, à côté des ennuis et des tracas inhérents à tout mandat, il est des choses agréables, il est des choses honorables surtout, et celle que j'ai à faire en ce moment est de ce nombre. Je remercie l'homme illustre qui vient de nous parler, des sentiments avec lesquels il s'est exprimé, non pas seulement au sujet de nos rois, mais aussi au sujet de nos pays *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements)*, et je lui dis qu'il n'est pas un étranger, qu'il n'est pas un cœur ici, qui batte dans la poitrine d'un Belge ou d'un Néerlandais, qui ne pense de la France comme les Français pensent de notre pays. *(Bravo ! Bravo ! Hourra ! — Vifs applaudissements. cris de : Vive la France !)*

Messieurs, nous avons des sentiments de profonde vénération pour les rois de nos pays ; ils nous ont rendu de grands services, et le souve

nir, le respect de la dynastie de laquelle ils sortent est tellement écrit dans le sang du peuple que, chaque fois qu'on parle d'eux, on est assuré de toucher son cœur ; et ces sentiments, nous les partageons également, depuis que nous sommes sur le sol français, pour le chef de la nation française. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements prolongés.)* Il nous a été donné, dans différentes circonstances, et à moi particulièrement, de pouvoir apprécier les hautes qualités qui distinguent à un si haut degré M. le Président Carnot *(Bravo ! Bravo ! — Vifs et longs applaudissements)*, et je puis dire, s'il m'est permis de faire une légère excursion dans le domaine politique, que c'est une rare fortune pour la France d'avoir, l'année où elle célèbre le Centenaire de 1789 dans la personne du petit-fils de Carnot, un si digne, un si admirable représentant ! *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements enthousiastes.)*

Messieurs, l'honorable M. Eiffel vient de nous dire tout à l'heure les attractions spéciales que la France et Paris présentent en ce moment, — le tableau, le spectacle admirable, unique qu'ils offrent à l'univers tout entier ; — qu'il me soit permis d'ajouter que, si Paris est en ce moment le centre du monde, si l'Exposition est actuellement le centre de Paris, — il est, en quelque sorte, un point qui centralise le centre de Paris et le centre du monde, c'est celui où nous sommes en ce moment, c'est la Tour Eiffel ! *(Bravo ! Bravo ! — Longs et vifs applaudissements.)*

Il faut, Messieurs, il faut appartenir comme nous à une nation étrangère, pour savoir l'espèce de fascination qui s'exerce dans l'univers tout entier autour de cette Tour ; il faut avoir vu, dans les plus humbles villages, dans les moindres hameaux, les photographies, les reproductions de ce monument — que chacun veut posséder — provoquer une admiration générale, pour se rendre compte de la popularité immense, sans égale dans notre temps, qu'a su conquérir l'illustre homme en face duquel j'ai l'honneur de me trouver en ce moment. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements prolongés.)*

Et si, après avoir rendu hommage à la France, dans la personne de son premier magistrat, si nous avons un second hommage à rendre, si nous avons à personnifier l'Exposition, si nous avons à personnifier la science française dans ce qu'elle a de plus haut en ce moment, c'est à M. Eiffel que nous nous adresserons pour cette personnification, et c'est en notre nom à tous, — certain que je suis l'interprète de vos sentiments que je vous demande la permission de lever mon verre, à 300 mètres moralement, à la santé de M. Eiffel ! *(Enthousiasme. Triple salve d'applaudissements. — Hourra ! Hourra ! Vive M. Eiffel !)*

Toast de M. Montefiore-Lévi

Messieurs,

Après les éloquentes paroles que vous venez d'entendre de la bouche du représentant de la Belgique, il m'est excessivement difficile de prendre la parole. Cependant, je dois le faire ; la position que j'ai l'honneur d'occuper, comme président de l'Association des Ingénieurs de Liège, m'oblige à parler au nom, non seulement des Ingénieurs de Liège, mais aussi au nom des Ingénieurs de la Belgique tout entière. Je tiens, Mes-

sieurs, a remercier l'honorable M. Eiffel, président de la Société des Ingénieurs civils de France, de l'accueil cordial qui nous a été réservé à Paris par cette Association. Je tiens à le remercier tout spécialement de ce qu'il vient de dire des Ingénieurs belges, et je le prie de croire que la reconnaissance que nous ressentons envers la France, envers la Société des Ingénieurs civils et envers les autres Ingénieurs de France, par lesquels nous avons été reçus de la façon la plus aimable et la plus cordiale, est complète, et que nous partageons tous la manière de voir que l'honorable M. Carlier a si bien exprimée, quant à la position que M. Eiffel occupe en ce moment comme auteur du monument qui est le centre, non seulement de la France et de l'Europe civilisée, mais du monde entier.

M. Carlier vient de dire qu'il n'y a pas un village, pas un hameau, où l'on ne voie des reproductions de la Tour Eiffel; je puis ajouter qu'il en arrive tous les jours, jusque dans l'extrême Orient : à Constantinople, à Beyrouth, j'ai retrouvé partout la reproduction de la Tour Eiffel. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements.)*

Je suis doublement heureux de voir les Ingénieurs civils de France représentés par mon ami M. Eiffel. Il y a vingt-cinq ans, — je regrette de rappeler un quart de siècle qui nous sépare, — il y a vingt-cinq ans, nous étions collaborateurs. Depuis lors, nous nous étions un peu perdus de vue, matériellement ; moralement, je le voyais grandir et devenir de plus en plus une figure illustre. *(Applaudissements.)*

Messieurs, permettez-moi de faire une excursion en dehors de la Tour Eiffel et de vous dire pourquoi je me permets de déclarer que M. Eiffel peut être considéré comme l'*Edison de la construction*. Nous savons tous qu'il a fait de nombreux et grands travaux, et des plus intéressants ; mais, j'ai à vous parler d'un travail tout spécial, que je connais particulièrement, et où il y avait à résoudre un problème qui présentait de grandes difficultés. M. Eiffel a résolu le problème d'une façon complète et élégante. Le public ne connaît peut-être pas cela ; mais, vous, comme Ingénieurs, vous le connaissez.

M. Bischoffsheim, l'ancien député de Nice, construisait un observatoire qu'il a offert au gouvernement français.

Il s'agissait de faire une coupole en fer de 30 *m* de diamètre. Vous avez tous vu jusqu'alors des coupoles de 10 à 12 *m* de diamètre, et vous n'ignorez pas les difficultés qu'on avait à les faire tourner. Vous savez l'importance qu'il y a à tourner facilement les coupoles des observatoires, pour suivre le mouvement des étoiles. Une coupole de 30 *m* de diamètre n'existait pas, et on s'est adressé à tous les Ingénieurs pour faire cette grande coupole mobile. La solution du problème a été trouvée par M. Eiffel de la façon la plus élégante et la plus parfaite. J'ai vu cette coupole, je l'ai fait mouvoir avec une seule main : c'est tout vous dire ! Vous savez en quoi consiste la solution trouvée par M. Eiffel : il fait reposer la coupole, qui pèse 120 000 *kg*, sur un caisson circulaire porté dans une caisse circulaire contenant de l'eau ; il n'y a aucun frottement, et avec une main on la fait tourner.

Je vous rappelle ce fait pour vous dire que, chaque fois qu'un problème

a été posé à M. Eiffel, quelle qu'en soit la difficulté, il l'a résolu. *(Applaudissements.)*

En voilà un exemple ; vous en avez d'autres,

Je ne vous parlerai pas des écluses de Panama, ni de la Tour Eiffel, qui est l'expression dernière de ce qu'on peut faire peut-être dans ce genre. Lorsque nous arrivons dans le sommet que nous voyons, à cette immense hauteur, d'une tour formée de matériaux aussi légers, et que nous nous disons que cela a été fait sans la possibilité d'un échaffaudage quelconque, nous ne pouvons pas supposer qu'on aille plus loin, et nous pouvons croire que M. Eiffel *a donné l'exemple de la dernière expression de l'art de l'Ingénieur. (Bravo! Bravo! Vifs applaudissements.)*

Messieurs, permettez-moi, avant de boire, comme je vais le faire, à la *Société des Ingénieurs civils de France, en la personne de son Président*, permettez-moi, Messieurs, en renouvelant l'assurance des sentiments de reconnaissance profonde que nous conservons envers vous, au nom de tous les Ingénieurs belges, que je suis heureux de représenter, d'autant plus heureux de les représenter tous, que nous avons laissé derrière nous, en acceptant votre invitation, toute pensée de division d'écoles et de partis: nous sommes Ingénieurs belges, et rien qu'Ingénieurs belges! *(Très bien! Très bien! Applaudissements prolongés).* — Permettez-moi d'ajouter, en buvant à la prospérité de la Société des Ingénieurs civils de France, permettez-moi de vous rappeler, en le paraphrasant, un mot de notre chansonnier national belge, et de dire que, dans une réunion semblable, avec l'accueil que vous nous avez montré, nous pouvons nous déclarer tous frères, comme Ingénieurs, et dire : Français et Belges ne sont que des surnoms ; Ingénieurs, c'est notre nom de famille. *(Bravo! Bravo! — Longs et vifs applaudissements.)*

Toast de M. Michaelis

Messieurs,

Permettez-moi d'exprimer à la Société des Ingénieurs civils de France mes remerciements pour les aimables paroles que son Président nous a adressées.

Messieurs, vous avez certainement entendu parler des travaux exécutés dans notre pays. Le desséchement du lac de Harlem est, sans contredit, le plus grand travail qui ait été exécuté dans les Pays-Bas vers le milieu de ce siècle. Aussi, cette œuvre attirait-elle la visite de plusieurs Ingénieurs des divers pays de l'Europe et même de l'Amérique. Parmi tous les Ingénieurs dont j'ai eu l'avantage de faire alors la connaissance, je me rappelle surtout un Suédois, homme aimable si jamais il en fût. Il n'avait qu'un tort, c'est qu'il parlait parfaitement le suédois, mais il n'entendait pas un mot de hollandais, tandis que moi, je parlais le hollandais, mais je ne comprenais pas une syllabe de suédois. Heureusement, il parlait assez mal une langue que je ne connaissais pas trop bien, mais qui, cependant, nous procurait le moyen de nous comprendre ; et, si parfois les paroles nous manquaient, nous avions notre crayon pour nous communiquer nos idées. Au bout de quelques jours, nous avons

fini par nous entendre parfaitement. Notre dernière réunion avait lieu à table, et mon brave Suédois, avant de me quitter, but à la grande nation des Ingénieurs qui, d'après lui, était une nation à part. Et il y a du vrai dans ce qu'il disait. Car, si chacun de nous parle et écrit la langue du pays où il est né, nous écrivons encore tous une langue que chaque Ingénieur entend, une langue dont la grammaire s'appelle le bien-être matériel et que nous écrivons par nos travaux. Mais, si nous écrivons la même langue, la main est quelquefois très différente. Tandis que l'un écrit des caractères mignons, quelquefois microscopiques, l'autre écrit avec de larges majuscules; tandis que l'écriture de l'un n'est visible que dans sa commune, dans son arrondissement, dans son pays, celle de l'autre se lit d'un bout à l'autre de l'univers. Tel ne sort jamais de l'écriture médiane; tel autre commence son alphabet par des ponts portatifs, puis nous lance une grande majuscule sur le Douro, met alors un point exclamatif qui a la forme d'une tour gigantesque, non pas pour s'arrêter là; du moins, nous espérons qu'il nous fera voir encore plusieurs échantillons de son admirable écriture; qu'il rencontrera plusieurs difficultés pour prouver que, pour l'Ingénieur, les difficultés sont faites pour être vaincues, et que, de cette lutte, il sortira toujours vainqueur *(Bravo! Bravo! Vifs applaudissements.)* d'une manière aussi glorieuse qu'il l'a fait jusqu'à ce jour.

Mais, pour livrer de pareils combats, il ne faut pas seulement connaître la science de l'Ingénieur sur le bout des doigts : il est encore besoin d'avoir une robuste santé, et c'est pour cela, Messieurs, que je vous propose de vider votre verre à la santé de M. Eiffel. *(Bravo! Bravo! — Applaudissements prolongés.)*

Toast de M. Morelle

Messieurs,

Après les éloquentes paroles que nous avons entendues, comme je ne suis pas orateur, je devrais me taire; mais quand on a un devoir à remplir, on ne mesure pas ses forces, on se contente de remplir ce devoir sans s'inquiéter de ce qu'on dira de celui qui doit le remplir.

Messieurs les Ingénieurs français,

L'honorable M. Eiffel, dans le discours par lequel il a inauguré sa présidence, vous a rappelé la longue liste des travaux effectués par les Ingénieurs français en dehors des limites de votre territoire; et tout en s'excusant des oublis inévitables que comportait sa longue énumération, il a fait appel à chacun de vous pour lui en signaler les lacunes.

Nous manquerions, nous, Ingénieurs sortis de l'École du Gand et, je dois le dire, Ingénieurs sortis d'autres Institutions belges, nous manquerions à un devoir de reconnaissance, si nous ne profitions pas de cette réunion pour signaler une de ces lacunes et vous expliquer en même temps l'une des causes de la profonde sympathie que les Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand se font gloire d'avoir pour les Ingénieurs français. *(Applaudissements.)*

Lorsqu'une loi du 27 septembre 1835 décréta l'organisation en Belgique de deux Écoles spéciales de l'Etat, à Gand et à Liège, c'est un Ingénieur des Ponts et Chaussées français, M. Baummart, qui fut appelé à présider à l'organisation de l'École de Gand et à y donner le cours de construction.

Et lorsque, peu de temps après, M. Baummart fut appelé à Paris pour donner à l'École des Ponts et Chaussées le cours des constructions des routes et des ponts, et pour y remplir en même temps, quelques années plus tard, les fonctions d'Inspecteur des études, c'est un autre Ingénieur français, M. Larmarle, qui fut appelé. pendant trente ans, à remplir les mêmes fonctions dans notre chère École de Gand. *(Nouveaux applaudissements.)*

Ces excellents, ces regrettés professeurs ne se sont pas seulement attachés à nous y initier à la science, telle qu'elle existait à l'époque où ils dirigeaient nos études; ils ne se sont pas seulement attachés à nous faire connaître les beaux travaux de leurs compatriotes: ils se sont aussi attachés à nous inculquer dans les limites du possible l'esprit d'observation, d'analyse et de synthèse, qui caractérise à un si haut degré la science des Ingénieurs français, esprit qui est cause des progrès incessants et si rapides que leur science fait chaque jour et auxquels nous tâchons dans la mesure de nos forces, de ne pas rester trop étrangers.

C'est ainsi, Messieurs, que nous avons appris à estimer et à aimer les Ingénieurs français, à suivre leurs travaux en tous genres avec la plus grande attention, pour profiter de leur expérience et de leurs succès, *(Très bien! Très bien! — Applaudissements)* et je dois le déclarer ici bien haut, leur amabilité, leur complaisance ne nous ont jamais fait défaut chaque fois que nous avons eu à leur réclamer soit un renseignement, soit un conseil. *(Bravo! Bravo! — Vifs applaudissements.)*

Vous ne vous étonnerez donc pas, Messieurs, si à ce moment, où les Ingénieurs français nous donnent de nouvelles et de si éclatantes preuves de cordialité, j'invite, avant de me rasseoir, tous mes camarades de Belgique sans distinction, à porter avec moi un toast aux Ingénieurs français et à la continuation des relations fraternelles qu'ils veulent bien avoir avec nous dans l'intérêt de la propagation de la science.

Aux Ingénieurs français!

Au Président de leur Société, l'honorable M. Eiffel, qui les représente si dignement à tous les points de vue. *(Bravo! Bravo! — Longs et vifs applaudissements. Cris répétés de : Vive M. Eiffel!)*

Toast de M. Tideman

Messieurs,

Lorsque l'aimable invitation de M. le Président de la Société des Ingénieurs civils de France a été adressée à l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais de nous réunir ici, sur cette Tour, je me suis transporté dans mes idées à travers les âges, et je pense à une autre tour, à la tour de Babel.

Permettez-moi de faire avec vous un parallèle historique.

La construction de la tour de Babel a demandé une longue suite d'années, elle a présenté une lourde masse de matériaux et elle n'a pu être achevée, bien qu'elle eût coûté la vie à des milliers d'hommes.

Elle a été le symbole du désaccord, de la désunion des hommes, de la perturbation des langues.

Votre Tour, au contraire, monsieur Eiffel, a été non seulement conçue, mais encore exécutée, comme un modèle d'élégance, dans l'espace de deux années.

Mais, ce que je veux voir surtout dans cette Tour, c'est qu'elle est le symbole de la sainte alliance des peuples. *(Bravo! Bravo! — Vifs applaudissements.)*

Je veux insister sur la haute signification philosophique de cet édifice merveilleux, dont la France vous est redevable. J'espère que Dieu vous prêtera vie, afin qu'il vous soit donné d'associer à d'autres chefs-d'œuvre un nom déjà si universellement connu et qui passera glorieux à la postérité. *(Bravo! Bravo! Hourra! — Applaudissements enthousiastes.)*

TOAST DE M. DE KONING

MESSIEURS,

Je n'abuserai pas de l'autorisation que M. le Président a bien voulu me donner de prendre la parole. J'ai deux mots à dire, qui sortent de mon cœur et qui trouveront, j'en suis sûr, un écho dans le vôtre. Je vous propose de crier de bon cœur: Vive la France! *(Bravo! Bravo! Hourra! Hourra! — Cris répétés de: Vive la France!)*

M. EIFFEL. — Vive la Belgique! Vivent les Pays-Bas! Messieurs, laissons vibrer patriotiquement nos cœurs! Nous n'avons plus que deux mots à dire: Vive la Belgique! Vivent les Pays-Bas! *(Enthousiasme. — Cris prolongés de: Vive la Belgique! Vivent les Pays-Bas! Vive la France!)*

Chacun de ces toasts est salué par de chaleureux applaudissements et des cris répétés de: *Vive la Belgique! Vive la Hollande! Vive la France!*

Après une ovation spontanée faite à notre Président, M. Eiffel, tout le monde se lève et aussitôt commence la descente de la Tour pour la continuation des visites de l'Exposition.

Égouts de Paris. — Gennevilliers.

Le jeudi 12 était consacré à la visite des égouts et de la presqu'île de Gennevilliers, avec l'autorisation spéciale de MM. Alphand et Bechmann. M. Launay, ingénieur de service de l'assainissement, recevait à Gennevilliers nos invités, et les visiteurs des égouts étaient conduits par M. Prangey, inspecteur du service des égouts. Dans ce compte-rendu de la réception des Ingénieurs américains, se trouvent les détails descriptifs de ces visites.

Le même jour, sous la conduite de M. P. Buquet, président de l'Association amicale, avait lieu une visite à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, dont les honneurs ont été faits, en l'absence de M. A. Cauvet, directeur de l'École, par plusieurs professeurs et membres de notre Société, MM. S. Jordan, V. Contamin, L. Vigreux, A. Tresca, L. Deharme, E. Lipmann, etc., qui nous ont montré les amphithéâtres, les laboratoires et les collections

Usine de Noisiel.

MM. Menier avaient invité, pour le vendredi 13 septembre, nos hôtes à visiter leur installation de Noisiel; 220 personnes, tant Belges et Hollandais que Français, avaient répondu à cette aimable invitation et se trouvaient au rendez-vous fixé à 8 heures et demie du matin à la gare de l'Est où la Compagnie, sur la demande de la Société des Ingénieurs civils, avait organisé un train spécial jusqu'à l'usine de Noisiel.

Le programme, qui a été suivi ponctuellement, portait les indications suivantes :

A 9 heures, départ de Paris par train spécial;

A 9 heures 35 minutes, arrivée à Emerainville, raccordement de l'usine;

A 9 heures 50 minutes, arrivée à l'usine de Noisiel;

De 10 heures à midi et demi, visite des établissements de Noisiel;

A midi et demi, lunch offert par MM. Menier aux membres de la Société et à leurs hôtes.

A 2 heures 45 minutes, départ de Noisiel par train spécial pour Paris et arrivée à 3 heures 50 minutes.

M. Eiffel prend place dans le wagon d'honneur avec les notabilités des Ingénieurs belges et néerlandais et le train se met aussitôt en marche pour nous déposer à l'heure dite à l'usine de Noisiel où, après les présentations à MM. Menier, commence la visite de l'établissement.

Nous ne pouvons entrer dans les détails de cette installation qui peut certainement être citée comme le modèle des procédés rationnels de fabrication.

Les matières premières arrivent d'un côté de l'usine par voie de fer ou par eau, et la matière fabriquée vient se réunir dans les magasins d'emballage, d'où elle part dans des wagons pour les directions diverses.

La situation de l'usine est admirablement choisie sur les bords d'un des bras de la Marne ; elle emprunte à cette rivière une force motrice actionnant des turbines représentant 500 chevaux et les wagons des diverses Compagnies arrivent à quai aux magasins d'arrivages et d'expéditions.

Les visiteurs, divisés en groupes sous la conduite de MM. Henri, Gaston et Albert Menier, parcourent la série des opérations et assistent à la fabrication que nous allons essayer de décrire sommairement.

Le cacao, provenant en grande partie des plantations de MM. Menier, et le sucre, fabriqué à l'usine de Roye (Somme) appartenant également à ces messieurs, arrivent par le chemin de fer jusque dans l'usine et sont déchargés dans des magasins. Le cacao est nettoyé, trié et débarrassé de toute impureté. Ensuite il est torréfié, décortiqué et séparé de la coque. En cet état, le cacao est broyé, puis mélangé en proportions convenables avec du sucre, et enfin broyé encore en pâte homogène. La pâte qui constitue ainsi le chocolat est pesée automatiquement pour former les tablettes, et coulée dans les moules montés sur des tables à secousses. Ces moules sont conduits par des chaines sans fin dans des chambres réfrigérantes, où le froid se trouve produit par de puissantes machines Giffard, et d'une longueur telle qu'en sortant de ces chambres la matière est suffisamment refroidie pour se démouler sans difficulté. De là les tablettes sont dirigées vers l'emballage où elles sont enveloppées de feuilles d'étain, de papier de couleur, étiquetées et revêtues de la marque de fabrique, et emballées dans des caisses puis expédiées par chemin de fer

Tout ce travail est fait méthodiquement et les moyens les plus perfectionnés sont employés pour le faciliter et en assurer le bon fonctionnement.

Une seule partie du travail est faite à la main : c'est l'enveloppage des tablettes dans les feuilles d'étain et leur emballage. Ce travail se fait dans des ateliers vastes, bien éclairés et bien aérés. Les femmes qui procèdent à cet emballage sont d'une habilité vraiment remarquable.

Une usine de cette importance a pour complément indispensable des ateliers où se construit et se répare le matériel mécanique, où se débite le bois et où se fabriquent les caisses d'emballage. Il nous a été donné de voir de très curieuses machines à clouer, pour la confection des caisses.

MM. Menier ont aussi compris toute l'importance qu'il y a à

assurer le bien-être des personnes employées dans leurs établissements, et c'est avec un grand intérêt que nous avons visité le groupe de maisons ouvrières ou plutôt le village dépendant de la fabrique. Ces habitations, dont un type a été exposé à l'Esplanade des Invalides, sont des modèles de confortable et d'hygiène.

Ces maisons sont toutes entourées de jardins et bordent des rues larges, plantées d'arbres et bien entretenues.

Des bornes-fontaines et l'éclairage au gaz complètent l'aménagement de la voirie.

Le village possède également un magasin d'approvisionnement, des cantines, des réfectoires, des écoles gratuites fondées par MM. Menier, une bibliothèque et des cours pour les adultes. Un médecin spécial, ayant une pharmacie dans ses attributions, donne gratuitement des soins à tout le personnel.

Une caisse de secours et une caisse d'épargne achèvent cette organisation éminemment philanthropique.

Pour donner une idée de l'importance de cette industrie, nous dirons que la fabrication est de 50 000 *kg* par jour et la valeur totale des ventes de cette grande usine atteint le chiffre annuel de plus de 50 millions de francs, et que des agrandissements vont permettre d'augmenter encore cette production pour répondre aux besoins de la consommation.

Ce qui nous a vivement frappés, c'est la propreté et la régularité du travail. Nous avons également remarqué les précautions prises pour éviter les accidents du travail : toutes les transmissions, se faisant par étages intermédiaires, mettent l'ouvrier hors du contact direct des organes des machines.

Après la visite détaillée des diverses phases de la fabrication qne nous venons d'esquisser à grands traits, ainsi que des installations, les visiteurs se trouvaient réunis à midi et demi dans la salle du banquet, improvisée sous le hall couvert d'un bâtiment qui venait d'être terminé la veille.

Ce bâtiment est situé dans un parc admirable, propriété privée de MM. Menier.

Pendant le déjeuner, où la plus franche gaieté n'a cessé de régner parmi les convives, la fanfare des établissements Menier a joué les airs nationaux belges et néerlandais, ainsi que la *Marseillaise*, redemandée par nos invités, et des morceaux choisis de son répertoire.

Au dessert, M. Eiffel se lève et prononce les paroles suivantes :

MESSIEURS,

Vous m'en voudriez si je ne me levais pas pour prendre la parole, afin d'adresser, en votre nom, nos plus sincères remerciements à MM. Menier, pour la belle réception qu'ils viennent de nous faire.

Cette visite a été pour nous des plus intéressantes. En notre qualité de constructeurs, métallurgistes, Ingénieurs de mines, nous ne connaissions que les usines *noires*. Aujourd'hui, nous venons de faire connaissance avec une usine où toute poussière de charbon est chose ignorée, et qui se montre à nous dans sa blancheur et dans sa blancheur immaculée, avec une élégance et une recherche que nous ne trouvons pas d'habitude dans nos établissements industriels. Nous y avons vu aussi une merveille d'installation, d'organisation et, en même temps, de préoccupation du bien-être des ouvriers, sans laquelle, il faut le dire, on ne saurait concevoir un grand industriel.

Je dois donc, avant tout, évoquer le souvenir de M. Menier père, véritable fondateur de ce superbe établissement, puis vous proposer de boire à la santé de ses fils, qui marchent si dignement sur ses traces, et qui, malgré une fortune considérable, consacrent à l'œuvre de leur père leur intelligence et leur activité.

Cette activité est, du reste, récompensée par une merveilleuse réussite, dont les cinquante millions qui forment le montant annuel de leurs affaires sont une preuve saisissante.

Je lève donc mon verre au souvenir de M. Menier père, à la santé de ses fils et à la prospérité de leur belle usine.

De chaleureux applaudissements accueillent les paroles de notre Président et M. Gaston Menier lui répond dans les termes suivants :

MESSIEURS,

Permettez-moi de vous exprimer au nom de mes frères et au mien les sentiments de gratitude que nous avons éprouvés en entendant vos acclamations. Laissez-moi particulièrement remercier notre Président, M. Eiffel, des paroles qu'il a adressées à la mémoire de notre cher et regretté père ; nous sommes profondément touchés de l'hommage rendu à celui qui nous a formés et qui nous a tracé notre voie.

Vous nous remerciez d'être venus visiter Noisiel, mais ne croyez-vous pas, Messieurs, que la proposition doive être renversée et qu'au contraire c'est nous qui vous sommes reconnaissants de nous avoir honorés de votre visite. En effet, Messieurs, que peut-il y avoir de plus flatteur pour un industriel que de recevoir des Ingénieurs comme vous qui êtes les chefs d'une immense armée pacifique de travailleurs ? Peut-il être un plus grand honneur que de montrer ses usines à une assemblée aussi compétente que la vôtre ?

C'est à l'Exposition, Messieurs, que nous devons la bonne fortune de vous avoir, mais en venant ici vous êtes encore, sans vous en douter peut-être, dans son enceinte ; car, le soir, les faisceaux lumineux de la Tour Eiffel, qui viennent nous inonder de lumière, en balayant l'horizon,

nous rappellent que Noisiel est dans son périmètre, de même que la lumière d'un phare rattache à la terre et protège le navire qui l'aperçoit. Vous voyez donc, Messieurs, que c'est à nous de nous féliciter de votre visite, dont nous sommes fiers. Permettez-moi de boire à vous tous qui représentez dans sa plus haute expression l'élite de l'intelligence et de la science des deux nations voisines et amies de la France : la Belgique et les Pays-Bas. Messieurs, je porte un toast aux Ingénieurs belges et hollandais réunis à Noisiel.

Puis MM. Debeil, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées de Belgique, Michaëlis, Van Zuylen, Edouard Bourdon, Tideman, Périssé, de Koning, le baron Sadoine prennent successivement la parole.

Nous reproduisons ci-après le texte de ces toasts.

Toast de M. Debeil

Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées.

Paroles prononcées à Noisiel par M. Debeil, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, au nom de tous les Ingénieurs belges présents à la réception.

Messieurs,

Au nom des Ingénieurs belges ici présents, je me permettrai de prendre un instant la parole.

Après avoir plané dans les régions eiffelliennes, et circulé dans les artères souterraines de l'immense Ville, nous voici aujourd'hui voguant en plein domaine industriel, dans les établissements fondés par M. Menier père, homme d'une intelligence remarquable et d'une initiative rare, à la mémoire duquel je me plais à rendre publiquement hommage.

MM. Menier fils sont les dignes continuateurs de l'œuvre de leur père.

Par leur science, leur grande intelligence et leur activité, ils ont pu développer les installations premières et réaliser ce vaste et bel ensemble que nous avons tous admiré.

MM. Menier ne se contentent pas, Messieurs, d'être de grands industriels, ils sont également de grands philanthropes, aux idées larges, généreuses et pratiques !

Comprenant combien la vie d'intérieur, le foyer, *le home*, développe chez l'ouvrier tous les bons sentiments et les qualités morales, ils ont créé la cité ouvrière !

Sachant, d'autre part, combien l'instruction exerce d'influence moralisatrice sur le peuple, MM. Menier ont fondé les écoles.

C'est là le digne commencement d'une grande et belle œuvre.

Avant de terminer, MM. Menier me permettront, j'espère, d'associer à leur nom, Mme Menier, leur honorée mère, qui prend une si large part, dans l'administration et la direction de la belle ferme modèle du *Buisson*, et dont les mérites et les hautes qualités viennent d'être récompensés par

la croix de l'ordre du Mérite agricole, qui lui a été decernée par M. le Président Carnot lui-même.

Au nom de tous les camarades ici présents, j'adresse à Mme Menier, mes plus chaleureuses félicitations en témoignage de haute estime et d'admiration.

Il me reste, Messieurs, à remercier MM. Menier de leur accueil cordial et sympathique, en proposant de boire à leur santé, et à la prospérité de leurs beaux établissements.

Toast de M. Michaelis

Messieurs Menier, votre chocolat est très doux, très agréable, aussi est-il renommé dans notre pays, et vous savez que les Néerlandais ont le droit de parler de chocolat ; car nous avons du Van Houten, du Blooker, du Korff, etc. ; mais si votre chocolat est doux et agréable, votre invitation, pour nous, était bien plus douce et bien plus agréable encore, et la manière dont vous nous avez traités surpasse à si haut degré les qualités de votre excellent chocolat, que j'ai peur que si dans les Pays-Bas on savait de quelle aimable manière on est traité dans votre usine, mes pauvres compatriotes Van Houten, Blooker, Korff, et *tutti quanti* devraient faire faillite.

Messieurs Menier, je n'ai que peu de choses à vous dire. Au nom de mes compatriotes, qui sont ici, je vous remercie de votre gracieux et aimable accueil et je vous assure que quand, retournés dans notre pays, nous goûterons de votre chocolat, ce ne sera jamais sans penser à la journée d'aujourd'hui et à vous.

Colonel Van Zuylen

Membre du Conseil de l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais.

Messieurs,

Permettez-moi d'ajouter deux mots seulement au toast de notre Président. J'ai eu l'avantage d'assister aux travaux préparatoires de l'Exposition universelle et d'être avec les Ingénieurs français pendant bien longtemps, autant dans les congrès que dans le jury international, et je n'en finirais pas si je voulais vous donner un aperçu de toutes les amitiés, de toutes les bontés, de toutes les marques de sympathie pour mon pays et pour mes compatriotes, dont nous avons été l'objet.

Aujourd'hui encore, c'est à la Société des Ingénieurs Civils que nous devons la charmante et intéressante journée que nous avons passée dans le domaine de Noisiel.

Croyez-moi si je vous dis que je suis certain d'être l'interprète de tous mes compatriotes ici présents en vous remerciant encore une fois, comme je l'ai déjà fait si souvent pendant ces derniers mois, pour tout ce que vous avez fait et tout ce que vous faites pour nous.

Messieurs, je bois à la prospérité de votre pays. Je bois à la France !

Toast de M. Édouard Bourdon

Messieurs,

La visite si intéressante et si bien préparée que nous avons faite ce matin, ce banquet magnifiquement organisé auquel nous avons été conviés, sont des traditions de la Maison Menier. Tous ceux qui, comme moi, ont eu déjà l'honneur d'assister à Noisiel à des réceptions semblables, savent que c'est une grande satisfaction pour Mme Ménier de pouvoir les présider. Malheureusement aujourd'hui son état de santé ne lui permet pas d'être au milieu de nous ; ses fils voudront bien lui témoigner nos très sincères regrets et lui porter l'expression de nos plus respectueux hommages. Je suis certain, Messieurs, que vous vous associerez de tout cœur au toast qui est bien motivé dans la circonstance présente et que je me permets de porter « A la santé de Madame Menier. »

Toast de M. Tideman

Messieurs,

Lorsque nous avons reçu l'invitation de nous réunir à Paris sous le patronage de la Société des Ingénieurs civils de France, j'avoue que moi, à mon âge, j'ai eu un peu peur, par tout ce que l'on m'avait dit sur l'encombrement, etc., qu'on rencontrerait à Paris pendant l'Exposition universelle de 1889.

Aussitôt arrivé, j'ai été complètement rassuré.

Par les bons soins du Comité de la Société, nous avons fait des visites intéressantes d'une manière tout à fait merveilleuse.

Permettez-moi, Messieurs, d'adresser ce toast aux membres du Bureau de la Société des Ingénieurs civils et plus particulièrement à M. de Dax, avec qui j'ai eu l'honneur de correspondre, et à Messieurs les Employés qui l'aident dans sa tâche honorable et difficile.

Pour terminer ce toast, permettez-moi, Messieurs, de fixer un moment votre attention sur l'avenir.

Tout ce que nous avons vu me confirme dans l'espérance que de plus heureux jours pour l'humanité sont en train de venir, soit-il après de nouvelles épreuves, et pour cela je vous propose de vider ce verre en pensant à la Sainte Alliance des Peuples.

Toast de M. Périssé

Je tiens à remercier tout d'abord M. Tideman du toast qu'il a porté aux membres du Bureau de la Société. Nous avons fait de notre mieux pour rendre le séjour de nos hôtes agréable, intéressant et instructif; mais nous avons été aidés par les Présidents et les Secrétaires de l'Institut Royal Néerlandais, et des cinq grandes Sociétés d'Ingénieurs belges. L'un de ces Présidents, M. Montefiori-Lévi, se trouvait il y a quelques jours à Constantinople, et, pour ne pas manquer au rendez-vous, il n'a pas hésité, je le sais, à précipiter son retour.

Je remercie donc les Bureaux des Sociétés étrangères du concours qu'ils ont bien voulu prêter à la Société des Ingénieurs civils et de leur empressement à accepter l'invitation que nous leur avons adressée.

J'exprime le vœu que nos relations deviennent de plus en plus nombreuses, intimes et cordiales, et je porte la santé des Présidents et Secrétaires des six Sociétés qui sont ici représentées.

TOAST DE M. LE BARON SADOINE :

MESSIEURS,

Permettez à un simple Belge, qui, sans être le plus méritant, est tout au moins le plus ancien parmi vous *(Interruptions. Non ! Non ! Et aussi le plus grand !)*... permettez, dis-je, que je sois votre interprète pour exprimer à MM. Menier notre profonde admiration pour l'œuvre accomplie par eux, par ces dignes continuateurs de leur père.

Cet exemple grandiose que nous donne l'industrie française en la personne des éminents Ingénieurs qui nous font l'honneur de nous recevoir à leur table, ne sera pas perdu pour beaucoup d'entre nous : ils y puiseront un enseignement précieux. La visite de ce magnifique établissement, où l'ordre, la propreté et la méthode sont une règle inflexible, a laissé en nous une impression vivace de ce que peuvent la persévérance et le progrès dans le travail industriel Quant à moi, Messieurs, j'ai fini ma carrière *(Interruptions. — Non! Non!)*; mais je souhaite à tous d'arriver, comme MM. Menier frères, au sommet de l'échelle qu'ils ont su gravir si haut.

TOAST DE M. J. DE KONING :

MESSIEURS,

La partie officielle de notre fête va être terminée. Où pourrait-il se présenter une meilleure occasion de vous en remercier, qu'étant assis au banquet vraiment princier que nous offre l'hospitalité de MM. Menier? Je suis sûr que, bien que n'ayant aucune mission spéciale à ce sujet, je parle au nom de mes collègues hollandais autant que des belges, quand je vous exprime notre sincère reconnaissance pour la réception que vous nous avez faite.

Quand vous viendrez chez nous, nous ne pourrons vous recevoir de cette manière brillante, mais nous ferons de notre mieux. J'espère, et j'en suis sûr, que votre belle réception a renouvelé et renforcé nos sympathies pour votre belle France ; j'espère que les liens officiels ne seront pas les seuls qui seront renoués entre nous, mais qu'il en ressortira beaucoup de relations personnelles entre les Ingénieurs français, belges et hollandais.

En tout cas, vous nous en avez fourni l'occasion, et ce n'est pas la seule chose dont nous vous sommes redevables. Vous nous avez aussi montré votre belle Exposition, qui nous fait voir ce que peut faire l'intelligence française, à la préparation et à l'exécution de laquelle la Société

des Ingénieurs civils a si largement pris part et qui a été couronnée d'un succès sans précédent.

Messieurs, je vous en félicite, et je ne crois pas pouvoir, d'une meilleure manière, exprimer ma reconnaissance, qu'en vidant mon verre au succès de l'Exposition du Centenaire !

Enfin la série des toasts est terminée par les paroles suivantes de M. Gaston Menier :

MESSIEURS,

L'heure de nous séparer approche, mais avant de nous lever pour regagner le train qui nous attend, permettez-moi de réunir en un seul trois toasts qui, j'en suis sûr, auront votre entière approbation : Messieurs, je vous propose de lever nos verres en l'honneur de Sa Majesté le Roi des Belges, de Sa Majesté le Roi des Pays-Bas et de M. Carnot, Président de la République Française.

Après avoir visité le château de la famille Menier et joui du splendide coup d'œil qu'on aperçoit de la terrasse, les invités, précédés de la Fanfare se dirigent vers le train.

Après quelques paroles aux musiciens de la fanfare, M. Eiffel remercie une dernière fois MM. Menier de leur gracieux accueil, et tout le monde reprend le train pour Paris en emportant un souvenir agréable de cette charmante et intéressante journée.

Cette excursion devait terminer la série des visites des Ingénieurs belges et hollandais, mais nous avions compter sans l'infatigable hospitalité de MM. Decauville qui recevaient, le lendemain à Petit-Bourg, avec leur affabilité ordinaire, 150 invités arrivant par le train spécial que la Compagnie P.-L.-M. avait mis à notre disposition et dont les honneurs étaient faits par M. Picard, Ingénieur en chef de l'Exploitation.

La description des établissements a déjà été faite dans un compte rendu précédent. Nous nous contenterons de reproduire ici les paroles qui ont été prononcées au déjeuner offert au château des Tourelles.

TOAST DE M. MASSAU

MESSIEURS,

Le Président et le Vice-Président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Gand ne se trouvent pas parmi nous. En leur absence, j'ai demandé la parole pour exprimer les sentiments que les Ingénieurs de l'École de Gand ressentent en ce moment.

Tout d'abord, je m'associe aux orateurs que nous venons d'entendre,

pour remercier MM. Decauville de leur brillante réception et leur témoigner toute notre gratitude et notre admiration. En visitant cette usine merveilleuse, nous avons eu l'occasion de voir les résultats que l'on pouvait obtenir par l'activité, l'intelligence et l'esprit d'organisation. Cet esprit d'organisation, nous l'avons admiré jusque dans les plus petits détails ; nous l'avons admiré jusque dans la manière dont notre visite a été dirigée.

En voyant toutes ces choses, on ne peut s'empêcher de songer à la grande nation qui a le bonheur de contenir dans son sein des personnes aussi considérables que M. Decauville, et c'est pour cela que je propose de boire à la France et à son influence universelle.

Sans doute, nous étrangers, nous avons nos frontières, nos capitales, nos chants nationaux. Mais *la Marseillaise* n'est pas seulement le chant national de la France, c'est le chant patriotique de tous les peuples qui réclament leur indépendance et leur liberté. Nous avons nos capitales, mais au-dessus d'elles s'élève Paris, où, en ce moment, toutes les nations se pressent pour admirer les richesses artistiques, les splendeurs de l'industrie moderne. Nous avons nos frontières, mais au-dessus d'elles, nous avons une patrie commune, la science, et c'est Paris qui en est la capitale.

On dit, Messieurs, que le phare de la Tour Eiffel projette ses rayons jusqu'à Bar-sur-Aube. Il y a, dans ce pays, un phare plus puissant qui, depuis des siècles, inonde l'univers de ses rayons de lumière : c'est Paris, le cerveau du monde, et c'est pour cela que je vous propose de boire à la France et à la Ville de Paris, la capitale de notre patrie commune.

Toast de M A. Mallet

Messieurs,

Je dois à l'absence de membres plus autorisés l'honneur imprévu de porter dans cette réunion la parole au nom de la Société des Ingénieurs civils. Vous voudrez donc bien excuser mon insuffisance.

Je commence par remercier MM. Decauville du gracieux accueil qu'ils veulent bien faire à nos invités et à nous-mêmes, accueil dont nous avons déjà eu, du reste, maintes fois à nous louer, et de la libéralité avec laquelle ils nous ouvrent leurs ateliers et leurs champs d'expériences.

Vous avez tous pu voir, Messieurs, le chemin de fer intérieur de l'Exposition, qui n'est pas une des moindres merveilles de cette grande manifestation scientifique, artistique et industrielle; aujourd'hui, vous avez pu vous rendre compte du soin et de la perfection d'exécution avec lesquels sont traités tous les détails de ce matériel dont nos amphitryons se sont fait l'heureuse spécialité qui a rendu leur nom si universellement et si avantageusement connu.

Puisqu'un de nos honorables voisins a déjà porté la santé de MM. Decauville, je vous propose, Messieurs, de boire à la prospérité des établissements de Petit-Bourg.

Messieurs les Ingénieurs belges et néerlandais,

C'est la dernière journée que nous ayons à passer ensemble, pour cette fois du moins. Je dois vous remercier encore une fois, au nom de la Société des Ingénieurs civils, d'avoir bien voulu accepter notre invitation, exprimer l'espoir que vous conserverez un bon souvenir de votre trop court passage parmi nous et, enfin, manifester le désir de voir se répéter ces réunions, qui ne peuvent que tourner à l'avantage de notre profession, en affirmant de nouveau les sympathies qui existent entre nos diverses Sociétés et nos divers pays.

Avant de nous séparer, Messieurs, je me fais un devoir de signaler à votre reconnaissance la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, qui a bien voulu mettre si gracieusement et si libéralement à notre disposition les moyens de transport qui nous permettent de nous rendre à cette réunion.

M. Tideman, pour terminer, porte la santé des dames présentes à la réunion.

La Société des Ingénieurs civils remercie chaleureusement MM. Menier et Decauville d'avoir bien voulu contribuer dans une si large part à la réception de ses invités.

RÉCEPTION

DES INGÉNIEURS ESPAGNOLS, RUSSES, PORTUGAIS, BRÉSILIENS ET CHILIENS

PAR

M. H.-G. MOREAU

Notre Société a eu l'honneur de recevoir nos collègues les Ingénieurs Espagnols, Russes, Portugais, Brésiliens et Chiliens, du mardi 17 septembre au vendredi 20 septembre.

Les Ingénieurs qui ont répondu à notre invitation étaient au nombre de 190 environ, savoir :

60 ingénieurs Espagnols, 90 ingénieurs Russes, 25 ingénieurs Portugais, 7 ingénieurs Brésiliens et 8 ou 10 ingénieurs Chiliens.

La réception était fixée, pour le mardi 17 septembre, à 9 heures du matin, au salon de la Société des Ingénieurs civils, à l'Exposition. (Classe 63, Palais des machines.)

Notre président, M. G. Eiffel, souhaite la bienvenue à nos invités des divers pays.

Puis sept groupes de nos invités furent formés suivant les indications du programme, pour visiter, sous la conduite de nombreux membres de notre Société, les différentes parties de l'Exposition.

Le soir nous recevions nos invités dans l'hôtel de la Société, où nous avons pu leur faire entendre des auditions téléphoniques à l'aide d'appareils que notre collègue, M. L. Berthon, avait bien voulu installer, leur faire voir des projections très intéressantes de métaux et d'objets opaques divers que M. Trouvé exécutait avec un appareil de son invention, ainsi qu'un moteur Serpollet qui, installé pour la circonstance dans le sous-sol de l'hôtel fournissait un

supplément d'éclairage et donnait lieu à des résolutions de problèmes fort intéressants.

L'on ne s'est séparé qu'à 11 heures et demie en se donnant rendez-vous pour le lendemain.

Le mercredi, 18 septembre, la réunion était fixée à 8 heures et demie du matin à la pile sud de la Tour Eiffel, pour en faire l'ascension.

Comme pour les précédentes réceptions, grâce aux dispositions prises, tout s'est passé dans le plus grand ordre ; les commissaires guidaient les invités et leur donnaient tous les renseignements nécessaires.

Après avoir fait l'ascension de la deuxième et de la troisième plate-forme, tous les invités et les membres de notre Société présents se sont réunis au restaurant Brébant, où était préparé un déjeuner.

A la table d'honneur, M. Eiffel présidait, entouré entre autres de MM. Belebubski, ingénieur russe ; A. de Ybaretta, S. Thos y Codina, ingénieurs espagnols ; de Mattos, ingénieur portugais ; de Mello, ingénieur brésilien ; de nos vice-présidents, etc.

Au dessert, M. Eiffel se lève ; il est salué par des hourras et de vifs applaudissements ; il s'exprime en ces termes :

Toast de M. G. Eiffel

Messieurs et chers Collègues,

C'est un grand honneur pour moi de vous recevoir sur cette Tour, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, et de vous exprimer tous les sentiments de cordiale sympathie que nous éprouvons pour vous nos collègues qui appartenez à des nationalités diverses, mais qui êtes unis à nous non seulement par notre confraternité d'Ingénieurs, mais aussi par une communauté de sentiments d'amitié pour notre pays. *(Hourra ! Hourra ! — Vifs applaudissements.)*

C'est à ce double titre que je vous proposerai d'abord de lever nos verres en l'honneur du Président de la République Française, M. Carnot, que nous tous qui sommes ici, pouvons en sa qualité d'Ingénieur, réclamer comme l'un des nôtres. *(Tout le monde se lève ; cris répétés de : Vive Carnot ! Vive Carnot ! Hourra ! Hourra ! Hourra ! — Applaudissements enthousiastes.)*

Je suis bien heureux aussi de pouvoir rendre un public hommage à vos patries respectives en unissant dans un même toast respectueux et sympathique les noms de leur souverains et de leurs chefs, et je vous demande de porter la santé de :

S. M. l'empereur de Russie *(Tout le monde se lève ; Hourra ! Hourra ! Hourra !)*, de leurs Majestés la reine régente et le roi d'Espagne *(Hourra !*

Hourra !), de S. M. le roi de Portugal *(Hourra !)*, de S. M. l'empereur du Brésil *(Hourra !)*, ainsi que Monsieur le Président de la République du Chili *(Hourra !)*

Vos patries, Messieurs, dont je viens d'évoquer le souvenir nous sont chères à nous-mêmes, une sympathie particulière et très persistante nous rapproche de la grande nation russe, ses littérateurs, ses artistes, ses savants, ses ingénieurs, sont en grand honneur chez nous, comme les nôtres le sont chez eux ; nous applaudissons à ses succès et à l'œuvre de civilisation si merveilleux qu'elle poursuit en Asie, par la création de chemins de fer dont le général Annenkoff s'est fait le courageux pionnier. *(Applaudissements.)*

Pour l'Espagne, de nombreux liens nous unissent à elle, non seulement de race, mais encore de souvenirs et d'intérêts.

Combien parmi nous en est-il qui ont eu l'occasion d'exercer en Espagne leur profession d'ingénieurs, soit dans les travaux des mines, soit dans ceux des chemins de fer, et combien sont nombreux ceux qui ont conservé le meilleur souvenir de l'hospitalité qu'ils y ont reçue. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)*

La Société des Ingénieurs civils entre autres, ne se rappelle pas sans émotion, le beau voyage qu'elle fit l'année dernière à Barcelone et à Bilbao, grâce à l'accueil excellent que lui firent les Ingénieurs de ce pays, que je suis heureux d'avoir aujourd'hui l'occasion de remercier à nouveau. *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)*

Pour le Portugal, je n'ai pas à vous dire combien nous y comptons d'amis, mais je crains de ne pouvoir vous en parler avec une suffisante impartialité y ayant depuis longtemps des relations personnelles qui me sont très précieuses. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)*

Je ne puis oublier que c'est dans ce pays que j'ai remporté le premier succès *(Bravo ! Bravo !)*, qui fit connaître mon nom comme constructeur et je conserverai toujours dans ma mémoire, l'ineffaçable souvenir de l'inauguration du pont sur le Douro à Porto, du grandiose spectacle que présentaient ses rives escarpées garnies de milliers de spectateurs et des acclamations poussées en l'honneur de la France par une population enthousiaste. *(Bravo ! Bravo ! — Longs et vifs applaudissements.)*

Que les Portugais qui sont parmi nous, veuillent bien accepter mon hommage d'aujourd'hui, comme un souvenir ému de cette inoubliable journée. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

Le Brésil est aussi l'un des pays qui nous accueillent le plus amicalement. Son Empereur, que nous avons eu l'honneur de recevoir à la Société des Ingénieurs civils, est l'un des souverains qui est le plus sympathique parmi nous par l'élévation de sa pensée, son amour de la science et sa poursuite du progrès de son pays. *(Applaudissements.)*

C'est assez vous dire combien les Ingénieurs brésiliens sont sûrs de notre cordial accueil.

Il en est de même pour les Ingénieurs chiliens qui nous témoignent, par l'exécution de leurs travaux, une sympathie dont nous sommes touchés.

Ne sommes-nous pas, du reste, avec tous ces pays une même famille, la famille latine, et notre communauté de race ne nous assure-t-elle pas

une communauté de sentiments qui prévaudra toujours sur les circonstances que la politique pourra faire naître ? *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements prolongés.)*

Nous sommes heureux, Messieurs et chers Collègues, de vous voir réunis par notre Exposition à laquelle beaucoup d'entre nous, membres de cette Société, ont apporté un ardent concours et à l'occasion de laquelle ils ont fait les plus grands efforts pour que la France reste digne d'elle-même et de son glorieux passé. *(Bravo ! Bravo ! — Nouveaux applaudissements.)*

Nous aimons à penser qu'elle y a pleinement réussi, et que vous remporterez dans vos pays un souvenir qui ne sera pas au-dessous des impressions que vous en aviez pu concevoir, en pensant a ce qui constitue le génie de la France, et en particulier les qualités propres à ses Ingénieurs et à ses Industriels. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements prolongés.)*

Vous en rapporterez aussi un autre souvenir, c'est que même au milieu de cette agitation électorale qui semblerait devoir tant troubler le pays, vous avez vu de toutes parts une population laborieuse, tranquille, hospitalière, qui ne demande qu'à entretenir, avec toutes les nations, les relations les plus amicales, en marchant avec elles dans la voie du progrès. *(Nouveaux applaudissements.)*

Soyez donc les bienvenus parmi nous. Messieurs et chers Collègues, et soyez assurés de la cordialité des sentiments avec lesquels nous vous recevons et au nom desquels je vous prie de lever votre verre au développement des arts de la paix et à la confraternité qui doit unir tous les Ingénieurs du monde sous le drapeau du progrès. *(Bravo ! Bravo ! Hourra ! Hourra ! Hourra ! — Triple salve d'applaudissements.)*

Après ce discours, différents toasts sont portés par les Ingénieurs étrangers, ainsi qu'il suit :

TOAST DE M. BELELUBSKY,
Ingénieur russe.

MESSIEURS,

A la visite précédente que j'ai faite de la Tour, il m'est venu à l'esprit une comparaison un peu hardie. En entendant M. Eiffel dire que la quantité de fer puddlé que renferme la Tour s'élève à plus de 7 000 *t.* je me suis rappelé que notre pont sur le Volga, pour le chemin de fer d'Orenbourg, renferme exactement la même quantité de fer, mais il y a cette différence, que le pont du Volga est composé de treize arches reposant sur quatorze piles, tandis que la Tour Eiffel présente un corps de géant et a seulement quatre pieds. De même, devons-nous reconnaître que, dans le développement du génie civil de notre pays, notre science technique, notre art de bâtir, c'est le génie français qui a exercé le plus principalement son influence sur nous. *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)* En marchant pas à pas dans le progrès général, en cherchant à vaincre les obstacles que notre pays présente dans la construction des

ponts, des édifices, des machines, des chemins de fer, nous nous rappelons toujours, comme on l'a dit hier au Congrès de mécanique appliquée, nous n'oublions pas que nous recevons notre éducation d'Ingénieur d'après les travaux de Lamé, de Bresse, de Nader, de Clapeyron, de Poncelet et d'autres collaborateurs de la science de l'Ingénieur. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)*

C'est à la mémoire de ces grands maîtres que je salue l'art pratique du génie civil de France, qui est représenté en ce moment par la Société des Ingénieurs civils et par son estimé président, M. Eiffel. *(Hourra ! Hourra ! — Applaudissements prolongés.)*

Toast de M. A. de Ybaretta

Ingénieur espagnol.

Messieurs,

Au nom de mes collègues de Bilbao ici présents et de ceux qui, retenus par leurs occupations, n'ont pu nous accompagner, je remercie chaleureusement la Société des Ingénieurs civils de son aimable accueil, ainsi que des paroles aussi bienveillantes qu'éloquentes que vient de prononcer son digne président, M. Eiffel.

Je dois l'avantage de vous adresser la parole à un triste privilège, privilège que je céderais bien volontiers, celui de l'âge ; d'aucune manière à un mérite quelconque, ni à mes facultés oratoires qui sont complètement nulles. *(Applaudissements.)*

Je n'ai jamais pu vaincre une timidité insurmontable, je dirai même, une répugnance extrême à prendre la parole devant un auditoire un peu nombreux, car je me suis toujours souvenu que, dans mon enfance, j'avais lu que les maîtres de l'éloquence, les Grecs, ne voulaient écouter que les vrais orateurs et qu'ils sifflaient, bafouaient impitoyablement les médiocrités. Comme je me suis considéré toujours comme une médiocrité, cette lecture a eu sur toute ma vie une influence décisive.

Et si, en cette occasion, je fais exception à la règle que je me suis imposée, c'est que d'abord j'y ai été forcé et puis, c'est que j'ai une foi entière en votre bienveillance et que je suis persuadé que vous accorderez des circonstances atténuantes à un étranger qui vous parle en une langue qui n'est pas celle de son pays. *(Très bien ! Très bien ! — Vifs applaudissements.)*

Messieurs,

Je ne puis trouver d'expression pour dépeindre l'admiration, l'étonnement, la stupéfaction que m'a causés la splendide Exposition que nous sommes venus visiter. Je suis ébloui, fasciné, perdu au milieu de ces brillantes manifestations du travail humain, dans ce dédale des miracles de la science, de l'art et de l'industrie. *(Bravo ! Bravo ! Applaudissements.)* Il m'est impossible de traduire mes impressions, de me rendre compte même de mes sensations, et, dans la confusion où je me trouve, je ne me sens capable que de porter un toast à cette Exposition sans pareille dans le passé, qui ne sera jamais surpassée, à mon avis, dans l'avenir, et qui, à quelques mauvais vouloirs et à quelques prophéties pessimistes, a répondu par le succès le plus éclatant.

Je bois aussi à la Société des Ingénieurs civils et à son développement indéfini, en faisant le vœu auquel, j'espère, s'associeront mes compatriotes, que son drapeau, sur lequel on peut lire l'ancienne devise de la Société: « *Labor omnia vincit improbus*, » puisse un jour rassembler sous ses plis les Ingénieurs de mon pays. *(Très bien! Très bien! Bravo! Bravo! Applaudissements prolongés.)*

Quant à cette merveilleuse Tour, du haut de laquelle nous venons de contempler cet admirable et ravissant Paris, ce Paris dont le génie rayonne sur le monde entier comme nous voyons, la nuit, la Tour lancer ses faisceaux lumineux sur tout Paris, que pourrais-je dire, moi modeste pionnier de l'art de l'Ingénieur, que dirai-je après tant d'éloges éclatants, après l'enthousiasme universel qu'elle a produit? *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

Il y a déjà longtemps, bien avant la construction de cette Tour, que M. Eiffel était connu de nous tous.

Comme il vient parfaitement de le dire, son premier grand triomphe date de la construction du magnifique pont sur le Douro, à Porto, dont je suivis les travaux, dans toutes leurs phases, avec un intérêt tout spécial, tout particulier.

Etant ingénieur de la ligne de Lisbonne à Porto, en 1862, vivement préoccupé du tracé défectueux qui reliait la gare de Villanova de Gaya à celle de Porto, je rêvais, ce ne fut qu'un rêve, de lancer sur ce profond abîme une construction métallique.

Mais je n'essayais pas même de donner quelque réalité à ce rêve, je n'osais même en parler à personne, de crainte de passer pour visionnaire ou pour fort.

Buvons donc au grand Ingénieur, à l'incomparable constructeur d'ouvrages métalliques, M. Eiffel, et souhaitons revenir bientôt contempler quelque nouvelle hardiesse de son génie. *(Bravo! Bravo! Hourra! Hourra! — Longs et vifs applaudissements.)*

Toast de M. de Mattos,
Ingénieur portugais.

Messieurs,

Je lève mon verre, au nom des Ingénieurs portugais, d'abord à la France, dont l'influence est si grande dans le monde entier.

Messieurs, je bois à la France. *(Bravo! Bravo! Vive la France! — Enthousiasme.)*

Je m'adresserai ensuite à la Société des Ingénieurs civils français, dans la personne de son président, M. Eiffel, et je la remercie de l'accueil bienveillant qu'elle nous a fait à Paris. C'est aux Ingénieurs français que je m'adresse en ce moment; et je le fais parce que j'ai eu l'avantage d'avoir des rapports très suivis dans notre pays, parce qu'ils y ont construit les principaux ouvrages d'art des chemins de fer.

C'est aux Ingenieurs français que je porte ce toast. *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

Je m'adresserai aussi à tous les Ingénieurs de tous les pays, qui sont présents et qui tous marchent dans la voie du progrès.

Aux Ingénieurs de tous les pays! *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

TOAST DE M. DE MELLO,
Ingénieur brésilien.

MESSIEURS,

Au nom des Ingénieurs du Brésil, je porte un toast aux Ingénieurs et au génie français, si bien représentés par la Société des Ingénieurs civils et par son président, M. Eiffel. *(Bravo! Bravo! Hourra! Hourra! — Applaudissements prolongés.)*

TOAST DE M. GITCOFF,
Ingénieur russe.

MESSIEURS,

Il y a cent ans, quand résonna un grand coup de tonnerre, le monde entier trembla, et ceux qui cherchent le bruit en furent aussi effrayés que ceux qui se recueillent pour étudier les sciences et les lois de la nature.

Dans le nombre de ces derniers se trouvaient et se trouvent encore, en grande partie, les Ingénieurs.

Les occupations de plusieurs Ingénieurs français, interrompues par la tempête, purent continuer en Russie, le pays du calme et de la tranquillité.

La science et l'expérience des Ingénieurs français trouvèrent leur application dans ce pays grand et riche, où n'existait alors aucune voie de communication.

Mais les Ingénieurs français ne furent pas seulement les constructeurs des voies; ils furent aussi les premiers professeurs en Russie.

Ils créèrent l'école en Russie et lui transmirent leur science. Les noms de Lamé, Clapeyron, Destern, Devolant, Fabre, Bétencourt et plusieurs autres sont gravés pour toujours dans l'histoire du génie civil en Russie. *(Bravo! Bravo! — Vifs applaudissements.)* Tous les Ingénieurs russes s'en souviennent et leur rendent hommage.

Ces souvenirs viennent involontairement au sommet de cette Tour, *du haut de laquelle non pas quarante siècles (comme disait Napoléon Ier), mais cent ans nous contemplent. (Très bien! Très bien! — Applaudissements.)*

Je tiens à exprimer ici, à la Société des Ingénieurs civils français, nos plus sincères remerciements pour l'aimable et cordiale réception qui nous a été faite, et lui demande l'autorisation de porter un toast à la santé du Président de la Société, au grand Ingénieur M. Eiffel! *(Hourra! Hourra! — Salve d'applaudissements.)*

TOAST DE M. THOS Y CODINA (1).
Ingénieur espagnol.

MESSIEURS,

Au nom des Ingénieurs qui ont formé l'année dernière le Congrès de

(1) C'est par suite d'une erreur d'impression que, dans le Procès-Verbal de la séance du 8 octobre, ce toast a été attribué à M. Garcia Faria.

Barcelone, au nom des présents et des absents, des présents qui jouissent de cette fête si agréable, des absents qui auraient voulu en jouir, j'ai l'honneur de vous remercier, vous monsieur le Président, et vous, honorables collègues, au nom de tous, de votre bon accueil, et je vous témoigne ici notre sincère reconnaissance pour votre bienveillante invitation.

Nous avons un grand plaisir, Messieurs, à rencontrer ici des Ingénieurs qui sont déjà, quoi qu'on dise, des camarades, j'oserai même dire d'anciens amis, car nous n'avons pas oublié et nous n'oublierons jamais le lien de compagnonnage et d'amitié qui existe entre nous — les Ingénieurs français et les Ingénieurs espagnols — et qui s'est établi à l'Exposition de Barcelone.

A présent, Messieurs, notre satisfaction s'accroit à l'idée des nouvelles connaissances que nous venons de faire et que nous comptons déjà comme d'anciennes amitiés, aussi précieuses que les autres.

Au nom des Ingénieurs espagnols, Messieurs, j'ai l'honneur de saluer en ami les Ingénieurs français qui nous font un si bel accueil *(Bravo! Bravo! Hourra! — Vifs applaudissements.)* les Ingénieurs portugais, que nous regardons comme des frères chéris et que le même soleil éclaire *(Bravo! Bravo! — Nouveaux applaudissements.)*, les Ingénieurs brésiliens, les Ingénieurs du Chili, qui sont aussi nos frères *(Applaudissements.)*; et surtout, Messieurs, nous sommes tous flattés de serrer la main à l'illustre Ingénieur qui vient de dresser hardiment le plus grand monument du monde entier, cette superbe construction qui s'appelle la Tour Eiffel *(Hourra! Hourra! — Applaudissements enthousiastes.)*, en élevant, en même temps que son nom, jusqu'aux nuages, le plus grand de tous les monuments, la plus éclatante de toutes les merveilles de cette éblouissante Exposition. *(Bravo! Bravo! — Nouveaux applaudissements.)*

On a dit, Messieurs, qu'on pouvait résumer l'Exposition actuelle en disant que c'est le triomphe du fer. Voilà, Messieurs, un beau mot, un mot bien séduisant pour nous autres Ingénieurs, car il est traduit, ce mot, par le triomphe de l'art industriel, c'est-à-dire, le triomphe des Ingénieurs. Mais je n'oublie pas, Messieurs, que c'est aux Ingénieurs français que nous devons avant tout ce triomphe, qui nous flatte, de notre science et de notre art. *(C'est vrai! C'est vrai! Applaudissements.)*

Je bois donc, Messieurs, à la santé des Ingénieurs français, qui, les premiers, ont remporté pour tous les Ingénieurs du monde cette glorieuse victoire, cette victoire sans victimes et sans larmes. *(Bravo! Bravo! — Longs et vifs applaudissements.)*, cette vraie victoire de la vraie civilisation. *(Applaudissements répétés.)*

Je lève donc mon verre au génie de ces Ingénieurs, au génie et à la gloire de la France. Et vive la France! *(Cris répétés de : Vive la France! — Hourra! Hourra! Hourra! — Applaudissements prolongés. — Enthousiasme.)*

TOAST DE M. BARANOFF,

Ingénieur russe.

MESSIEURS,

Vous m'excuserez, n'est-ce pas, de parler dans une langue qui n'est pas la mienne, et mon langage ne sera pas toujours celui d'un académicien.

Vous nous faites un accueil gracieux, aimable et chaleureux. C'est pour cet accueil que je me permets d'offrir nos remerciements à la Société dont nous sommes les hôtes. *(Applaudissements.)*

On a beaucoup parlé aujourd'hui, dans ce déjeuner, de la Russie, et les Ingénieurs russes surtout doivent de la reconnaissance au génie des Ingénieurs français. Il y a deux ans, pendant la fête qui a été donnée à l'occasion du Cinquantenaire des Chemins de fer russes, cette idée a été exprimée et a été accueillie par des applaudissements sans fin. C'est que nous concevions dans notre cœur que nous devons de la reconnaissance au génie des Ingénieurs français, et nous sommes heureux de profiter de l'occasion de cette fête pour la leur exprimer. *(Bravo! Bravo! Vifs applaudissements.)*

Maintenant, Messieurs, vous me permettrez d'appeler votre attention sur une idée beaucoup plus générale : l'influence que le génie français, en général, a eue sur les sciences exactes et sur tous les progrès humains du monde entier. *(Très bien! Très bien! — Applaudissements.)*

Vous vous rappelez, Messieurs, ce grand philosophe à qui on reprochait de n'enseigner que des choses qui n'étaient pas pratiques ; alors il s'occupa de mécanique et construisit un moulin : c'était le premier. C'est ainsi qu'il devint riche et prouva à ses adversaires que la philosophie crée la science et que la science crée la richesse *(Applaudissements.)*

Messieurs, il y a trois siècles à peine, un jeune officier de l'armée française vint un jour chez un vieillard qui était un savant. Ce savant avait passé toute sa vie à résoudre des problèmes mathématiques, et il se trouvait en présence d'un problème dont il ne pouvait trouver la solution. Voyant que ce jeune officier était très instruit et s'intéressait beaucoup aux questions scientifiques, le vieillard lui dit : « Jeune homme, il faut, pour rendre un grand service à l'humanité, que vous passiez votre vie tout entière à résoudre le problème que voici. »

Le lendemain, l'officier revint chez le savant et lui dit : « Voici le problème résolu. » Ce jeune homme, c'est le grand philosophe français, le père des sciences exactes ! *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)* La philosophie fut ainsi le fondement de la géométrie analytique; nous lui devons les progrès de la science de l'Ingénieur ! *(Très bien! Très bien! — Nouveaux applaudissements.)*

En vérité, Messieurs, serait-il possible de construire la Tour Eiffel, de construire la Galerie des Machines, si cet homme illustre n'avait imaginé l'emploi de deux plans de coordonnées. *(Longs et vifs applaudissements.)*

Tout cela n'est-il pas juste! Ne croyez-vous pas, Messieurs, vous Ingénieurs des autres pays, que l'humanité entière doit être reconnaissante au Génie français? *(Bravo! Bravo! — Applaudissements prolongés.)*

L'humanité tout entière lui doit sa reconnaissance et son admiration, et c'est à l'admiration *du génie français que je vous propose de porter ce toast. (Bravo ! Bravo ! — Longs et vifs applaudissements.)*

Ensuite, un de nos Collègues étrangers porte le toast suivant :

MESSIEURS,

Je dirai quelques mots, puisque M. le Président a eu la bienveillance d'agréer ma prière, et qu'il veut bien nous montrer demain un pont démontable de 45 *m*.

Messieurs, je suis persuadé, et vous aussi, que l'Ingénieur Eiffel va construire un pont qui n'est pas démontable celui-là ; un pont permanent, d'une travée de 2000 *km* de longueur, et qui va réunir deux grandes nations de l'Est et de l'Ouest, et les différentes nations. C'est le pont de la paix et du progrès ! *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)*

Je vous demande de boire à la santé de ce grand Ingénieur — je ne dirai pas le nom, c'est un secret — qui a mis la première pile de ce pont de la paix et du progrès ! *(Bravo ! Bravo ! Hourra ! — Applaudissements enthousiastes.)*

M. S. Périssé, notre vice-président, prend ensuite la parole :

TOAST DE M. S. PÉRISSÉ.

MESSIEURS,

Je m'adresse surtout aux Français, en ce moment. Nous avons entendu les Ingénieurs étrangers vanter très haut la science française, et ils n'ont pas parlé de leur science à eux. Je veux en dire quelques mots *(Très bien ! Très bien !)* ou plutôt, j'aurais trop à dire, si je voulais dire tout ce que les Ingénieurs russes, espagnols, portugais, ont fait pour faire progresser la science de l'Ingénieur ainsi que les sciences exactes ; il serait trop long pour moi d'énumérer leurs travaux et de citer les noms des savants étrangers. Un proverbe dit que la science n'a pas de frontières : nous sommes ici la preuve vivante que la science n'a pas de frontières. *(Bravo ! Bravo ! — Vifs applaudissements.)*

Je veux boire à cette science universelle, à l'union et à la confraternité de tous les Ingénieurs du monde entier. *(Hourra ! Hourra ! — Applaudissements prolongés. Vive la France ! — Enthousiasme.)*

Puis M. E. Roy, notre collègue, porte le toast suivant :

TOAST DE M. E. ROY.

MESSIEURS,

Nous avons reçu les témoignages de sympathie que les Ingénieurs étrangers ont bien voulu nous donner. Par une circonstance qui résulte

de la formation de notre réunion, il y a ici trois nations de race latine, et nous avons une quatrième nation de race slavophile.

Eh bien, Messieurs, il y a des sympathies qui naissent tout naturellement. Les races latines, dont la France est sœur, boivent à la santé des races slavophiles représentées ici par la grande nation russe. *(Bravo! Bravo! Hourra! — Longs et vifs applaudissements.)*

M. Eiffel fait part que notre collègue, M. Salles, est à la disposition de tous nos invités pour leur faire visiter la Tour en détail et leur donner toutes les explications nécessaires relatives à sa construction et aux différents systèmes d'ascenseurs.

M. Eiffel ajoute qu'il y a en ce moment, dans ses ateliers, un pont de 45 *m* démontable, pour chemin de fer; que si cela peut intéresser les membres de la réunion, il sera heureux de les recevoir le lendemain, jeudi, 19 septembre, à Levallois.

Cette proposition est accueillie avec enthousiasme.

Ensuite, un de nos Collègues portugais demande la parole pour porter le toast suivant :

TOAST DE M. P. I. LOPÈS
Ingénieur portugais

MESSIEURS,

Il m'appartient, au nom des Ingénieurs portugais, de prendre la parole.

Je suis Portugais, je viens rétablir la vérité d'un fait. Les Portugais sont toujours vrais, ils parlent du cœur.

A Monsieur Eiffel :

Vous avez eu des réminiscences du Portugal, j'ai eu l'honneur de travailler avec vous, et votre premier travail a été exécuté en Portugal. Le pont du Douro est le premier travail de votre intelligence. A moi appartient l'honneur d'avoir posé la première et la dernière pierre de ce monument.

Vous êtes apprécié et estimé en Portugal; votre nom est lié au plus grand ouvrage qui existe dans le Portugal. Il y a d'autres travaux de premier ordre; tous ces travaux ont toujours été réalisés par vous. C'est la victoire de la civilisation, et vous faites tous vos efforts pour entraîner les grands pays dans les progrès de la civilisation.

Au nom de ces progrès, je bois à la santé de la France, je bois à la santé de M. Eiffel, dont l'histoire enregistre le nom et les œuvres! *(Hourra! Hourra! Vive la France! Vive M. Eiffel! — Enthousiasme.)*

M. Eiffel termine la série des toasts par les paroles suivantes :

MESSIEURS,

Je finis par un mot.

Vous avez crié : Vive la France! Je réponds qu'il n'y a pas, pour les Français, de cri plus agréable à entendre Il faut que nous terminions cette fête par un autre cri : Je veux que nous buvions à l'union universelle, à l'union des peuples. *(Hourra! Hourra! — Enthousiasme.)*

A deux heures, tout le monde descendait de la Tour et se répandait dans l'Exposition.

Le jeudi, 19 septembre, avait lieu la visite des égouts de Paris par autorisation spéciale de M. Alphand, directeur général des travaux de Paris.

Le rendez-vous était fixé pour midi trois quarts, place de la Madeleine. Dans cette visite, les Ingénieurs étrangers qui s'occupent plus spécialement d'assainissement, ont pu se rendre compte, sur les renseignements qui leur ont été fournis par nos collègues présents, de la valeur et de l'importance des travaux qui ont été exécutés dans Paris sur ce sujet et des progrès qui seront encore apportés quand tous les travaux prévus seront terminés.

Enfin, le vendredi 20 septembre, nous avons fait à Petit-Bourg, aux ateliers de M. Decauville, une visite fort intéressante.

Le rendez-vous avait été fixé à neuf heures du matin, à la gare de Lyon, où un train spécial que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée avait mis à notre disposition, nous a transportés à Petit-Bourg.

M. Regnault, l'aimable chef de gare de Paris, avait composé le train avec deux nouveaux types de wagons de 1re classe, montés sur trucs à boggie : l'un, composé de compartiments séparés et salons avec couloir central débouchant de chaque bout, et l'autre, de compartiments donnant sur un couloir latéral.

A la gare de Corbeil, nous étions attendus par des trains du chemin de fer du système de MM. Decauville, qui nous ont conduits à l'usine.

Avant de commencer la visite, M. Decauville a, en quelques mots, fait l'historique de ses établissements et a conclu en donnant quelques chiffres, se résumant ainsi : en 1878, les ateliers occupaient 100 ouvriers avec un outillage de 32 machines-outils; en 1889, les ateliers occupent 750 ouvriers avec un outillage de 450 machines-outils.

La surface occupée par l'usine est de huit hectares, reliés avec la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée par un raccordement et

une véritable gare. De plus, un port desservi par deux grues à vapeur complète le service de réception des matières et d'expédition des produits fabriqués.

Ce qui frappe surtout dans la visite des ateliers, est la spécialisation du travail. Comme le dit M. Decauville, cette usine est une sorte de machine gigantesque à faire les petits chemins de fer.

L'usine est divisée en parties bien distinctes dans lesquelles on fabrique, dans l'une les voies, dans une autre les wagonnets, dans une troisième les locomotives. Les matières premières arrivent par un bout des ateliers pour ressortir au centre de l'usine, dans une halle, complètement transformées et prêtes à être expédiées. Cette manière de procéder peut présenter des avantages très notables dans le cas où une des branches de la production doit être plus poussée que les autres.

Les livraisons mensuelles s'élèvent à 150 *km* de voies, 3 000 wagonnets et 6 locomotives; ce qui représente une production journalière d'environ 120 *t*.

Après cette visite, MM. Decauville nous ont montré, dans un champ d'expériences, le parti que l'on pouvait tirer de l'emploi de leur matériel. Ils ont fait poser des voies, puis manœuvrer une forte pièce de canon de 4000 *kg* sur des wagonnets spéciaux, en la faisant changer de voie, de direction, et même de sens, avec une rapidité et une facilité de manœuvre qui a été des plus appréciées.

L'organisation de l'usine est complétée par celle de maisons ouvrières qui constituent un vrai village aux alentours de l'usine. Ces maisons sont de plusieurs types à un ou deux ménages avec jardins; le loyer mensuel varie de 6 à 12 *f* suivant l'espace occupé, et diminue avec l'accroissement de la famille et les longs services de l'usine, de telle sorte qu'après un temps déterminé l'ouvrier peut ne plus avoir à payer aucun loyer et même devenir propriétaire de sa maison.

Les ouvriers célibataires n'ont pas été oubliés ; des chambres à un ou deux lits leur sont réservées; le loyer de ces chambres est des plus minimes, 3 et 6 centimes par nuit.

Ces installations sont complétées par une maison d'approvisionnement et une boulangerie, qui fournissent aux ouvriers et contremaîtres, en acomptes et chaque jour, les objets nécessaires à leur nourriture et à leur entretien.

Il existe aussi une société de secours mutuels, une société musicale et une compagnie de sapeurs-pompiers

Après ces expériences, MM. Decauville nous ont réunis autour d'un excellent déjeuner.

Au dessert, M. Paul Decauville se lève et prononce les paroles suivantes :

MESSIEURS,

Je bois à S. M. la reine-régente d'Espagne, à S. M. le roi Alphonse XIII, à S. M. I. l'empereur de Russie, à sa M. le roi du Portugal, à S. M. I. l'empereur du Brésil, à son Exc. le Président de la République du Chili, à M. Carnot président de la République Française, qui est comme nous, Ingénieur.

Je porte un toast au peuple russe, au peuple espagnol et portugais, espérant bientôt installer dans ces pays, pour compléter les réseaux, le chemin de fer à voie étroite Decauville.

Au Brésil et au Chili, la voie étroite peut rendre de grands services pour faciliter les moyens de transport dans ces pays neufs.

Je remercie la Société des Ingénieurs civils d'avoir conduit à Petit-Bourg les Ingénieurs étrangers qu'elle reçoit. Je remercie le Comité et M. Eiffel, son président, qui ayant commencé sa carrière dans les Compagnies de chemin de fer, a construit le fameux pont du Douro en Portugal et enfin sa Tour de 300 *m* que nous admirons aujourd'hui.

Je bois à M. Eiffel.

Après ce discours, salué par des applaudissements prolongés, M. Eiffel prend la parole :

MESSIEURS ET CHERS AMIS,

Vous me permettrez de dire chers amis, car depuis quelques jours nous avons fait plus ample connaissance et cette appellation nous est permise.

Je remercie M. Decauville pour la belle réception qu'il nous fait et pour la visite intéressante qu'il nous a autorisée à faire dans ses ateliers.

Je sors émerveillé de cette visite où j'ai vu les produits de l'usine Decauville adressés au monde entier, même aux pays qui semblent être nos maitres pour le travail du métal.

C'est ainsi que je vois les aciers d'Angleterre retourner dans leur pays d'origine après avoir été transformés en chemin de fer portatif du système Decauville.

J'ai admiré cet atelier, merveille d'ingéniosité, et son parfait outillage; l'on sent dans cette maison qu'il y a à sa tête un Ingénieur et un industriel hors ligne.

Ce qui fait la force et la sûreté de relations de la maison Decauville, c'est sa probité, son exactitude scrupuleuse dans ses envois : chaque jour 50 wagons, chargés de la production journalière de l'usine, vont porter au monde entier le chemin de fer portatif Decauville.

Le succès des affaires est assuré par cette vieille honnêteté française qui est restée la force indiscutée de notre nation et dont on trouve un exemple frappant dans la maison Decauville.

Le chemin de fer de l'Exposition a prouvé que l'on avait là un moyen de transport puissant ; l'on a pu transporter dans une journée de douze heures plus de cinquante mille personnes ; c'est un chiffre supérieur au nombre des voyageurs venant de la gare Montparnasse.

J'ai aussi admiré et j'admire encore le bon ordre et la parfaite organisation de cette usine ; et je bois à M. Decauville, à ses Frères et à la prospérité de l'établissement. *(Triple salve d'applaudissements)*

M. de Ybaretta, Ingénieur espagnol, prend ensuite la parole :

Messieurs,

La bonne volonté et la bienveillance que vous m'avez témoignées l'autre jour, m'encouragent à prendre de nouveau la parole, mais je serai bref parce que je craindrais d'abuser de votre patience et je crois, d'ailleurs, que le temps nous presse.

Partisan décidé de la voie étroite, vous comprendrez aisément l'intérêt que j'ai dû porter à ces installations aussi intéressantes que bien organisées et aux curieuses expériences auxquelles nous venons d'assister.

J'espère, je crois fermement que ces visites au Petit-Bourg et le remarquable chemin de fer de l'Exposition auront une influence décisive sur la question des chemins de fer à voie étroite qui s'imposent partout, surtout dans les pays nouveaux et dans ceux qui ont à compléter le réseau de leurs voies ferrées.

La question, à mon avis, se réduit simplement à ces mots bien connus de Hamlet, *to be or not to be;* des chemins de fer à voie étroite ou pas de chemins de fer.

Mais, bien entendu, Messieurs, je n'émets cette opinion que dans des limites rationnelles et non dans un sens absolu ; je ne parle que des lignes à faible trafic et qui n'ont à répondre à aucun intérêt d'ordre supérieur.

Je bois donc au progrès continu, au succès complet du système Decauville.

Je remercie avec effusion MM. Decauville de leur affabilité et de la somptueuse et cordiale hospitalité qu'ils nous ont donnée.

Je remercie également les Ingénieurs de la Société et leur digne Président, qui nous ont accompagnés pendant quatre journées entières, journées fatigantes pour eux, mais pour nous bien agréables et remplies de surprises incessantes.

Je bois, enfin, à la santé de ces Dames qui, par leur présence, ont ajouté un charme de plus à cette très charmante expédition et parmi lesquelles j'ai eu l'honneur de saluer quelques-unes de mes compatriotes.

Vive la France ! *(Bravo ! Bravo ! — Longs applaudissements.)*

Puis M. Baranoff, Ingénieur russe, prononce les paroles suivantes :

MESSIEURS,

Nous sommes encore émerveillés de la visite que nous avons faite l'autre jour à la Tour Eiffel; aujourd'hui nous venons de visiter les ateliers de Petit-Bourg où l'homme intelligent surveille le travail brutal de la machine; il est là pour garder, conduire la machine qu'il fait obéir à sa volonté et plie à ses exigences.

Le monde entier sera bientôt couvert de chemins de fer à grand trafic et les grandes lignes seront bientôt toutes construites sur notre globe. C'est alors que se présentera avec intérêt la question des chemins de fer à voie étroite; celle-ci paraîtra dans tous les pays et résoudra la question de transports à bon marché, complétant ainsi le réseau des grands chemins de fer.

La vapeur nous permet déjà de franchir rapidement les distances; l'électricité arrivera bientôt sans doute, à conduire quelques voitures sur un réseau secondaire.

Un de nos compatriotes, en effet, M. Vital, a pu appliquer un moteur électrique au système Decauville.

Aussi, je suis heureux de réunir dans un même toast la France et la Russie, et je bois à l'union Franco-Russe. *(Longs hourras! — Applaudissements prolongés.)*

M. de Mattos, Ingénieur portugais, prend la parole :

MESSIEURS ET TRÈS AIMABLES COLLÈGUES,

Je vous remercie de votre aimable réception, et je bois à la santé de M. Carnot, Président de la République.

Le chemin de fer Decauville est déjà connu et employé depuis longtemps en Portugal. C'est un moyen de communication rapide et commode dans les pays de montagnes. Pour adopter la voie étroite, il faut un matériel roulant spécial; l'idéal serait d'avoir une voie d'égale largeur dans tous les pays, mais grâce à l'usine importante de M. Decauville, la voie étroite résout économiquement le problème de transport à l'état de paix et de guerre.

Je bois à M. Decauville, industriel fécond et intelligent, à ses frères et à sa famille. *(Longs applaudissements.)*

Puis, M. de Mello, Ingénieur brésilien, porte un toast à la science européenne; il ajoute que le Brésil est un pays jeune et que c'est un honneur pour lui quand il peut boire aux savants de l'Europe.

Ces paroles sont couvertes d'applaudissements.

M. Decauville porte un toast aux Ingénieurs chiliens et boit au Chili.

Il ajoute qu'il boit encore à ce pays où l'on est passé de la chandelle à l'électricité, et cela grâce à l'intelligence de l'un de ses Ingénieurs, M. Jablockoff.

La maison Decauville se félicite d'avoir été des premières à appliquer cet éclairage dans ses ateliers.

M. Jablockoff prend ensuite la parole :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

J'habite la France depuis plus de quinze ans et je puis assurer que tous les Ingénieurs étrangers trouvent à Paris bon accueil et la plus franche cordialité, comme nulle part ailleurs.

L'Ingénieur étranger est traité en ami, en confrère et non en concurrent.

M. Decauville a été un des premiers à m'aider dans mes travaux, en installant mon système d'éclairage dans ses ateliers.

Je bois à la santé des Ingénieurs français, de M. Decauville et des Ingénieurs civils.

M. Eiffel donne lecture d'un télégramme qu'il vient de recevoir de M. Belelubsky, Ingénieur russe.

Ce télégramme est ainsi conçu :

J'envoie à M. Decauville tous mes souhaits. Je désire le développement des chemins de fer portatifs et des ponts Eiffel, et la paix générale permanente.

BELELUBSKY.

Ces paroles sont couvertes par les applaudissements.

M. Eiffel profite de la circonstance pour remercier les Ingénieurs espagnols de Barcelone et de Bilbao, pour le bon accueil qu'ils nous ont fait l'année dernière, et pour remettre une médaille commémorative ainsi que le compte rendu fait à la Société de ces réceptions :

A M. de Ybaretta;

A M. Garcia Faria, Ingénieur des chemins de fer et Architecte ;

A M. Evaristo de Churruca, Ingénieur directeur des travaux de la rivière de Bilbao;

A M. Eduardo de Aguirre, Ingénieur de l'école de Liège, député ;

A M. don Silvino Thos y Codina, Ingénieur en chef des mines ;

A M. Jeromino Bolibar, Ingénieur industriel ;

A M. Enrique de Gispert, Ingénieur de l'École Centrale de Paris.

Ces Messieurs veulent bien se charger de remettre, dans leur pays, les médailles destinées à ceux d'entre eux qui nous ont reçus l'année précédente et qui n'ont pu venir en France cette année.

M. Eiffel leur témoigne, au nom de notre Société, toute sa gratitude pour la belle réception qu'ils nous ont faite et le cordial ac-

cueil de l'année dernière. *(Bravos prolongés et hourras! — Vive la Société des Ingénieurs civils!)*

M. Decauville termine en disant :

« Vous avez visité rapidement nos ateliers ; si vous désirez faire » une visite plus complète et n'importe à quelle époque, vous » trouverez toujours accueil cordial et sympathique. »

Après de nombreux remerciements à M. Decauville, tous les invités et les membres de la Société remontent dans le petit chemin de fer, pour aller reprendre à la gare de Corbeil le train spécial qui nous a ramenés à Paris, où tout le monde s'est séparé.

Le lendemain, un certain nombre de nos collègues étrangers se sont rendus dans les ateliers de M. G. Eiffel, à Levallois-Perret, où devait avoir lieu une expérience des plus intéressantes.

Il s'agissait de lancer un pont démontable à treillis de 45 *m* de portée, pour chemins de fer à voie normale, et destiné au rétablissement rapide des voies ferrées, soit en temps de guerre, soit en temps de paix.

Le pont qui a été lancé est destiné à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Deux autres ponts semblables sont également commandés par les Compagnies d'Orléans et du Midi.

Cette opération, que M. Eiffel avait pour ainsi dire « répétée généralement » devant les ingénieurs étrangers de passage à Paris, a admirablement réussi.

Nous nous bornerons à dire qu'il est véritablement merveilleux de voir avec quelle simplicité et quelle aisance se fait la manœuvre.

Quelques hommes suffisent à cette tâche, sans effort; et comme il n'est pas besoin pour cela d'avoir fait un apprentissage spécial préalable, les soldats du génie peuvent rapidement mettre en place un pont de cette nature. Le montage, qui se fait entièrement sans le concours d'aucun agent mécanique, s'effectue en moins de cinquante heures. Quant au lançage complet, il ne demande même pas cinq heures.

Il en résulte que, pour rétablir un passage de 45 *m* d'ouverture sans appuis intermédiaires, il suffit de cinquante-cinq heures de travail.

Pour effectuer ce lançage, le pont est monté sur des châssis roulants, convenablement espacés et munis chacun de quatre galets en acier, deux sur chaque axe. Ces châssis roulants circulent sur une double voie formée de rails empruntés à la voie courante.

Les axes des galets portent des roues a rochets que l'on actionne par des leviers, comme cela se fait dans le lançage habituel des grands ponts. Quatre leviers, conjugués deux à deux, suffisent pour produire le roulement de toute la masse.

Quand le pont a été suffisamment avancé pour que l'avant-bec vienne aborder la rive opposée, on fait porter l'extrémité de l'avant-bec sur des chariots identiques à ceux qui ont servi à rouler le pont et on termine l'opération du lançage.

Notons que l'avant-bec est constitué avec des éléments triangulaires qui sont les mêmes que ceux qui entrent dans la composition des parois du pont.

Avant le lançage, le pont avait été essayé ; il avait été chargé de 225 000 *kg*. Il est tout en acier ; il pèse environ 86 *t*. Or, il n'avait pris sous cette charge qu'une flèche presque insignifiante.

C'est la première fois qu'un pont de ce type est employé pour des ponts démontables à treillis.

Le problème du rétablissement des voies ferrées à largeur normale est donc résolu, et cela a une grande importance au point de vue stratégique. Le succès remporté par M. Eiffel a été décisif.

Le système des ponts portatifs économiques est, du reste, appliqué depuis longtemps par son inventeur, M. Eiffel, tant en France qu'à l'étranger. En Cochinchine et au Tonkin notamment, on en compte un nombre considérable sur les nouvelles routes de ces colonies.

Le montage de ces ponts-routes est d'une simplicité élémentaire :

M. Eiffel a effectué, en moins d'une heure, devant ses invités, ce montage et la mise en place par lançage pour un pont de 21 *m* de longueur et 3 *m* de largeur, qui est le type le plus couramment employé pour les routes coloniales ; il n'est plus nécessaire, dans ce cas, d'employer d'appareils à rochet. Le pont repose sur deux files de galets disposés sur de petites chaises en fonte ; le roulement s'effectue sur les longerons du pont et l'avancement est produit au moyen de quelques hommes qui poussent directement le pont.

Tel est, dans sa généralité, le résumé des réunions et des excursions que nous avons faites avec nos Collègues étrangers. L'accueil qui leur a été fait contribuera certainement à resserrer, si cela est possible, les liens d'amitié qui unissent non seulement les Ingénieurs, mais encore leurs pays.

RÉCEPTION

DES

MEMBRES DE L' "IRON AND STEEL INSTITUTE"

PAR

M. CH. HERSCHER Jeune

Meeting de l' « Iron and Steel Institute » (mardi 24 septembre).

Le mardi 24 septembre, environ 350 membres de l' « Iron and Steel Institute » se trouvaient, sous la présidence de sir J. Kitson Baronnet, réunis dans le grand amphithéâtre de l'hôtel de la Société d'Encouragement qui l'avait mis gracieusement à notre disposition.

Notre président, M. Eiffel ; M. Périssé, vice-président de la Société, et un certain nombre de nos collègues ainsi que M. Haton de la Goupillière, directeur de l'Ecole des Mines, président de la Société d'Encouragement, recevaient nos invités qui venaient tenir à Paris leur meeting annuel.

M. Eiffel prend la présidence et souhaite la bienvenue aux Membres de l' « Iron and Steel Institute » en ces termes :

MESSIEURS,

J'ai le très grand honneur d'avoir, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, à vous adresser des paroles de bienvenue à vous, Ingénieurs et Industriels éminents, qui composez le Meeting de l' « Iron and Steel Institute. »

Je viens donc vous dire que nous sommes heureux de vous recevoir en France ; nous souhaitons de vous faire un accueil dont vous puissiez emporter un bon souvenir. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)* Nous espérons ainsi acquitter une dette de reconnaissance, car nous savons avec quelle courtoisie les Ingénieurs français sont reçus chez vous. Nous suivons aussi notre propre tradition de sympathie pour

vous, métallurgistes, nos éducateurs et nos maitres. C'est à ce double titre que nous vous assurons aujourd'hui de notre meilleur accueil, en vous donnant le témoignage de la grande estime et de la haute considération dans lesquelles nous tenons les Ingénieurs et les Industriels anglais. *(Vifs applaudissements.)*

Avant de céder le fauteuil à votre Président, je donne la parole à M. Haton de la Goupillière, directeur de l'Ecole des Mines et président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. *(Applaudissements.)*

M. Haton de la Goupillière prend la parole :

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale attache le plus grand prix à ce que, d'après le choix qu'a bien voulu faire la Société des Ingénieurs civils, son hôtel puisse abriter les savantes délibérations d'une aussi célèbre Compagnie que la vôtre. Qu'il me soit permis d'ajouter, en ma qualité d'Ingénieur des Mines et de Directeur de l'École, que les cours de métallurgie sont fort en honneur dans cette École. La tenue à Paris du Congrès du fer et de l'acier excite la sympathie et l'intérêt des hommes de science et du métier.

Vous me permettrez, Messieurs, en mon nom personnel, de me féliciter des si aimables, si honorables et si précieuses relations que cette circonstance m'a déja valúes parmi vous. *(Applaudissements.)*

M. Eiffel invite alors sir J. Kitson à prendre la présidence du meeting en lui disant qu'il est très heureux d'inaugurer des relations qui auront de la durée et ne seront pas éphémères.

Sir James Kitson se lève et prononce un discours en anglais, disant que les membres de l'« Iron and Steel Institute » se souviennent de la charmante hospitalité qu'ils ont reçue en 1878, et que pour son compte personnel, il est très heureux d'avoir l'honneur de présider le meeting actuel, ce qui lui permet de lier connaissance avec M. Eiffel dont les travaux sont connus de tous, et de le remercier, lui, et la Société des Ingénieurs civils, des paroles de bienvenue qu'il vient de prononcer; il remercie également M. Haton de la Goupillière et la Société d'Encouragement de l'accueil fait aux Ingénieurs anglais.

Il est très heureux de la circonstance qui l'amène en France et qui lui permet de contempler cette admirable Exposition de 1889, preuve éclatante des progrès faits par l'industrie française qui peut marcher de pair avec l'industrie anglaise. Il fait à ce sujet une comparaison entre la production des différents pays.

Sir James Kitson dit qu'il a le plaisir d'annoncer que l'« Iron and Steel Institute » a décidé de donner à M. Henri Schneider, du Creu-

sot, la grande médaille d'or Bessemer pour les travaux qu'il a accomplis, et qu'une délégation ayant à sa tête sir L. Bell lui remettra cette médaille lors de la visite dans ses grands établissements.

Les dernières paroles du Président anglais sont accueillies par des salves d'applaudissements, et la parole est donnée à M. Jeans, secrétaire de l'« Iron and Steel Institute », qui lit le compte rendu de la dernière séance.

Sir James Kitson donne ensuite la parole à M. le professeur Jordan sur la lecture de son mémoire sur la sidérurgie française en 1887 et à l'Exposition universelle de 1889.

Cet ouvrage écrit en français et en anglais est lu par M. Jeans.

C'est un mémoire spécialement consacré aux combustibles, aux minerais et hauts fourneaux de la France. Le savant professeur complète dans son travail actuel les notes qu'il a précédemment remises à ce sujet et indique les changements survenus dans les dix dernières années.

Après quelques observations présentées par M. Percy Gilchrist et sir Lowthian Bell et une réponse de l'auteur, un vote de remerciement est voté par acclamation à M. le professeur Jordan.

L'ordre du jour appelle la lecture du mémoire de MM. Schneider et Hersent relatif au pont sur la Manche. A ce propos le Président, sir J. Kitson dit que l'« Iron and Steel Institute » est très fier de ce que MM. Schneider et Hersent aient soumis à l'examen de la Société un projet aussi sérieusement étudié que celui-là et qui ne pouvait manquer d'intéresser l'Institut, puisqu'il s'agit de mettre en mouvement 1 000 000 *t* de fer et d'acier.

Sur la demande du Président, le secrétaire général, M. Jeans, lit ce mémoire connu de tous au moins dans son ensemble.

La lecture une fois terminée, le Président engage ses collègues à ne point examiner la question au point de vue politique ni au point de vue des dangers de la navigation, mais de considérer seulement la question industrielle.

Plusieurs observations sont alors présentées, puis, sir J. Kitson reprend la parole et dit qu'il ne veut pas étudier la question au point de vue financier, persuadé qu'il est que les souscripteurs ne manqueront pas, mais qu'il se réjouit comme constructeur de la conception de ce projet et propose un vote de remerciements à MM. Schneider et Hersent.

Vient ensuite une communication sur le combustible gazeux, par sir L. Bell. Celui-ci donne lecture d'un très intéressant travail

à la suite de laquelle s'engage une longue discussion qui est interrompue pour être reprise le lendemain.

Visites à l'Exposition.

Rendez-vous avait été pris au salon de la Société pour visiter l'Exposition. A l'heure dite, nos invités se sont présentés en grand nombre et ont été reçus par M .E. Polonceau, vice-président; ils se sont divisés en 7 groupes, qui, dirigés par des membres de la Société, ont examiné les différentes sections des Mines, de la Métallurgie, du Matériel des chemins de fer, de l'Électricité et des Travaux publics.

Après une longue visite dans ces différentes sections, nous nous sommes séparés, nous donnant rendez-vous pour le soir à l'hôtel de la Société.

Réception à l'hôtel de la Société.

Nous réunissions le soir nos invités à l'hôtel de la Société dont la salle des séances avait été transformée pour la circonstance en salle de réception, richement décorée. Des trophées de drapeaux anglais et français tapissaient les parois de cette salle de concert improvisée.

Notre président, nos vice-présidents, les représentants du comité et un certain nombre de membres de la Société recevaient nos invités qui ont fait le meilleur accueil au chanteur Gibert dans ses chansons internationales, ainsi qu'à l'orchestre de la princesse Lili Dolgorouki.

Dans la salle du Comité avaient lieu des auditions téléphoniques de l'Opéra-Comique, « *Esclarmonde* », et dans la bibliothèque était dressé un buffet. Dans d'autres salles et dans le sous-sol, MM. Massé et Serpollet avaient bien voulu mettre à notre disposition un certain nombre de leurs appareils. Cette soirée animée par une très grande cordialité s'est prolongée jusqu'à minuit.

Meeting de l'Institut. — Mercredi 25 septembre

Nos collègues anglais se sont encore réunis le mercredi matin, à l'amphithéâtre de la Société d'Encouragement, sous la présidence de Sir J. Kitson.

La discussion sur le combustible gazeux a repris et a mis un certain nombre d'orateurs en présence.

La discussion se prolongeant, le Président déclare qu'elle sera reprise en temps utile, et il a fait voter des remerciements à Sir Lowthian Bell, et met à l'ordre du jour un mémoire sur le procédé de sondage électrique, par M. W. C. Fish de Boston.

Ensuite on a fait la lecture du Mémoire sur les alliages du fer et de la silice, par M. R. A. Hadfield de Sheffield.

Après discussion, le secrétaire général de l'Institut, M. Jean, lit une communication sur un nouveau four Siemens, disposé pour éviter les pertes de gaz et de chaleur, par MM. J. Head, Ingénieur civil de Londres, et J. Pouff, Ingénieur des Arts et Manufactures, à Nevers.

Après un vote de remerciements, on passe à la lecture du Mémoire sur l'acier fabriqué d'après le procédé Robert Bessemer.

Après quoi, le Meeting remercie cordialement la Société des Ingénieurs civils de France, les Compagnies de chemins de fer et, en général, tous ceux qui ont facilité le succès de la réunion.

Visites à l'Exposition.

L'après-midi a été consacré à des visites à l'Exposition, organisées comme celles de la veille.

Banquet à l'Hôtel Continental.

Le soir, avait lieu le banquet annuel de l'«Iron and Steel Institute» auquel avaient été invités un certain nombre de nos Collègues et divers Maîtres de forges et Ingénieurs. L'assistance était nombreuse, et une grande cordialité a régné pendant toute la durée du banquet, à la fin duquel Sir J. Kitson, qui le présidait, se lève et porte un toast à S. M. la Reine d'Angleterre, au Prince de Galles et à la Famille royale, ainsi qu'à M. Carnot, Président de la République. Puis il remercie la Société des Ingénieurs du charmant accueil qu'elle a fait à tous les membres de l' « Iron and Steel Institute », et porte la santé de la Société des Ingénieurs civils et celle de son Président. Aussitôt après, M. Eiffel prononce à son tour les paroles suivantes :

Sir J. Kitson a porté un toast dans lequel sont associés tous les Ingénieurs civils français et anglais.

Au nom de la Société des Ingénieurs civils, il m'appartient de dire combien ces aimables paroles sont particulièrement appréciées, surtout en ce qui concerne l'« Iron and Steel Institute » qui n'a pas besoin d'exprimer ses remerciements pour l'accueil que ses membres ont reçu à Paris, car

c'est plutôt nous, Français, qui devons nous glorifier d'avoir le privilège de recevoir les représentants des Ingénieurs et des Métallurgistes les plus éminents d'Angleterre. En eux, nous avons le plaisir de saluer les représentants de cette merveilleuse industrie métallurgique de la Grande-Bretagne, une des sources principales de la richesse de ce pays.

Les Français n'oublient pas la part proéminente que les membres de l'« Iron and Steel Institute» ont prise dans le développement de cette industrie et l'ont amenée au point où elle se trouve actuellement. Nous, Français, les soldats du progrès, nous devons donc remercier les Ingénieurs anglais de ce qui a été fait, et je suis l'interprète de tous les Ingénieurs français, en vous rendant ce juste hommage.

Vous allez visiter les principales usines métallurgiques françaises qui toutes sont dignes de votre attention, et je crois que les quelques jours employés à ces excursions auront pour résultat d'établir des relations qui profiteront à nos deux pays.

Je bois à votre Président, Sir J. Kitson, et à tous les membres de l'« Iron and Steel Institute ».

Ce toast est accueilli par une salve d'applaudissements.

Sir Lowthian Bell porte ensuite un toast, au nom de l'Institut, à ses hôtes du Creusot, de la Loire, de Longwy, du Nord et du Pas-de-Calais.

Sir Frédéric Abel, aux invités du banquet de l' « Iron and Steel Institute ».

M. Polonceau, Vice-Président de notre Société, lui répond en le remerciant.

Sir James Kitson porte ensuite un toast à M. Henry Chapman, Secrétaire honoraire de l' « Iron and Steel Institute » pour les réunions et réceptions de Paris.

M. Chapman le remercie en quelques paroles et termine la série des toasts.

Ascension de la Tour Eiffel et Banquet chez Brébant.

Jeudi 26 septembre.

A huit heures et demie du matin, a eu lieu l'ascension de la Tour Eiffel par l'ascenseur Otis de la pile sud, montant directement à la deuxième plate-forme et de là à la troisième plate-forme. Notre Président faisait les honneurs de la Tour à nos collègues étrangers qui ont pu monter jusqu'à la plate-forme découverte qui entoure les laboratoires.

De là nos invités, au nombre de plus de 300, sont descendus au premier étage, chez Brébant, où la Société leur offrait à déjeuner.

Après le repas, pendant lequel la plus franche cordialité n'a cessé

de régner, notre Président se lève et est accueilli par de chaleureux applaudissements.

M. Eiffel remercie tout d'abord les Ingénieurs anglais des applaudissements qui lui sont prodigués et dont il gardera toujours le meilleur souvenir.

MESSIEURS,

Je ne veux pas renouveler les toasts qui ont été portés hier avec tant de courtoisie par votre Président, Sir James Kitson. Je tiens seulement à vous dire que je suis heureux d'avoir, au nom de la Société des Ingénieurs civils, à vous recevoir ici et d'avoir pu vous faire visiter en détail cette Tour qui est l'une des plus grandes constructions métalliques qui aient été faites. Nous savons en effet que vous excellez dans l'art de ces constructions où vous avez débuté si glorieusement par le pont Britannia avec Stephenson et où vous poursuivez votre brillante carrière avec le pont du Forth auquel les noms de MM. Favoler et Baker resteront à jamais attachés. *(Très bien ! Très bien ! — Applaudissements.)*

Bien d'autres constructions, notamment la Galerie des Machines dont les projets ont été établis par l'un des nôtres, M. Contamin *(Bravo! Bravo ! Vifs applaudissements)* ont dû attirer votre attention et vous montrer les progrès qu'a faits la France dans cet art où vous nous avez précédés, mais où vous rencontrez des émules dignes de vous *(Très bien ! Très bien !)*

Vous aurez certainement regretté que les grandes nations n'aient pas participé à notre Exposition d'une manière plus complète, mais au moins, en ce qui concerne l'Angleterre, vous aurez eu une fois de plus un remarquable exemple de ce que peut l'industrie privée, qui est l'une des traditions de votre grand pays. Sous l'impulsion énergique d'un homme dont j'aime à rappeler le nom, le précédent Lord-Maire de Londres, Sir Polydore de Kayser, une exposition britannique s'est constituée et vous savez tous avec quel succès.

Il a été aidé dans cette tâche à laquelle il s'est dévoué par l'un des membres les plus sympathiques de votre Société, M. H. Chapman. *(Bravo! Bravo ! Applaudissements.)*

Son A. R. Monseigneur le Prince de Galles et sa famille ont été parmi les premiers visiteurs de notre Exposition, et M. Gladstone parmi les plus récents. J'ai eu l'honneur de les guider moi-même jusqu'à la partie la plus élevée de cette Tour et de recueillir les témoignages de leur satisfaction pour les travaux des Ingénieurs français. *(Bravo! Bravo ! Applaudissements répétés.)*

J'espère, Messieurs, qu'il en sera de même pour vous, et que vous remporterez dans votre pays une bonne impression de votre visite qui cimentera les liens d'estime et de sympathie réciproques qui doivent unir nos deux pays, que nous confondrons dans un même toast en buvant à leur commune prospérité. Vive l'Angleterre ! Vive la France !

Trois *cheers* enthousiastes accueillent ce toast et tous les Ingénieurs anglais chantent en chœur :

For he his a jolly good fellow
For he his a jolly good fellow
Which nobody can deny
Hip, Hip, Hip, Hip, Hurrah
Hip, Hip, Hip, Hip, Hurrah
For he his a jolly good fellow
And so say all of us

Sir James Kitson se lève à son tour et dit qu'au nom de tous ses collègues, il lève son verre à l'Exposition, au Gouvernement français et à M. Eiffel. *(De nombreux applaudissements saluent ce toast.)*

M. Henry Chapman porte un toast aux dames présentes en regrettant qu'elles ne soient pas en plus grand nombre.

M. de Garay, Ingénieur mexicain, boit aux Ingénieurs anglais, qui ont fait faire d'énormes progrès à la métallurgie, et à M. Eiffel, qui a fait une application si merveilleuse du fer et de l'acier.

Après le déjeuner, on s'est séparé pour se préparer aux différentes excursions projetées. En effet, le soir même, a eu lieu le départ des divers groupes qui se rendaient au Creusot, dans la Loire, à Longwy et dans la région du Luxembourg, à Maubeuge et à Isbergues.

Excursion au Creusot.

Un grand nombre de nos collègues anglais s'étaient fait inscrire pour cette excursion; soixante-dix seulement, parmi lesquels sir Lowthian Bell, ancien président de l' « Iron and Steel Institute ». et M. Jeans, secrétaire général, se sont trouvés à la gare de Lyon le jeudi soir 26 septembre, où les attendait un train spécial gracieusement mis à notre disposition par M. Noblemaire, Directeur général de la Compagnie de P.-L.-M., sous la conduite de M. Luuyt, Ingénieur de l'exploitation, délégué par M. Picart, Ingénieur en chef.

Le vendredi matin, le train arrivait en gare du Creusot, où les voyageurs furent reçus par MM. A. Rubin, Ingénieur à l'Administration centrale; G. Simon, Ingénieur à la Direction, et S. Périssé, notre Vice-Président, qui avait bien voulu partir à l'avance pour faciliter la réception de nos collègues anglais.

A huit heures et demie, tout le monde s'est trouvé réuni dans la cour de la grande forge, où M. Schneider, accompagné de son fils

et de M. Barba, Ingénieur en chef, nous a accueillis avec sa cordialité ordinaire et s'est mis de suite à notre tête pour nous guider dans notre visite.

Nous entrons sous le hall de la grande forge où chacun admire les dimensions colossales de ce bâtiment; nous assistons à la manœuvre des petits, des moyens et des gros trains d'où nous voyons sortir des barres de métal de plus de 20 *m* de long.

Nous nous rendons ensuite au hall de puddlage et nous pouvons nous rendre compte que les engins mécaniques remplacent avantageusement le travail si pénible du massage à bras. Les fours doubles, munis de rengards Leunet, permettent de faire 10 charges de 500 *kg* par poste. Un certain nombre de ces fours étaient en pleine activité, lors de notre passage, malgré l'emploi de plus en plus important du métal fondu.

Nous rentrons ensuite dans la forge où nous avons admiré le gros train réversible pour grosses tôles avec cylindres de 1 *m*, qui a laminé sous nos yeux un bloom de 9 à 10 *t* converti bientôt en une plaque de blindage. Nous voyons également les laminoirs à tôles et admirons leurs produits connus du monde entier.

Après avoir jeté un rapide coup d'œil sur le magasin si bien ordonné et si bien approvisionné des fers et des tôles, nous nous sommes rendus à l'atelier du gros marteau-pilon de 100 *t* et, de suite, nous avons vu sortir du four un énorme lingot carré que le pilon a étiré pour en faire un canon. En sentant le sol trembler sous nos pieds malgré l'existence d'une chabotte de 7 à 800 *t*, nous avons eu la pensée qu'il sera bien difficile de remplacer par une pression le choc d'une telle masse frappante pour le forgeage des gros lingots d'acier. Cependant nous avons admiré une presse de 6 000 *t* qui était occupée à calibrer une plaque de blindage.

Sous le même hall de forgeage, des pilons de 8 à 40 *t* forgeaient des canons et des frettes.

Dans le hall voisin, de puissantes machines-outils taillaient et ajustaient des plaques de blindage et de grosses pièces d'affût en acier coulé.

Nous avons assisté ensuite à la fabrication des bandages de roues

A dix heures trois quarts, un train spécial nous a conduits à l'atelier d'artillerie, de construction toute récente, dirigé par M. Audebert, où sont installées un très grand nombre de belles machines-outils. De là, le train nous a menés jusqu'au polygone, où, devant nous, a été tirée une pièce de 0,24 montée sur son affût et destinée à la défense des côtes de la Chine. Nous avons été frappés de la

simplicité avec laquelle le pointage a été effectué et de la facilité avec laquelle la pièce s'est remise en batterie sous l'action de son frein hydraulique.

Après une matinée si bien remplie, nous nous dirigeons vers la salle de concert où M. Schneider nous avait fait préparer un déjeuner pendant lequel l'Harmonie de l'usine s'est fait chaleureusement applaudir. La table comptait environ cent couverts, parce que M. Schneider avait eu l'aimable attention d'y convier tout le haut personnel de l'Usine : MM. J. Barba, Ingénieur en chef; A. Charbonnier, Secrétaire général; Love, chef de la correspondance; A. Rubin; G. Simon; J.-B. Pradel, directeur du chantier de construction de Chalon-sur-Saône, et tous les chefs de service de l'Usine.

Au dessert, M. Schneider se lève et porte la santé de S. M. la Reine Victoria, la très gracieuse souveraine constitutionnelle de l'Empire Britannique, et de M. Carnot, Président de la République, qui, avant d'être élevé à la première magistrature du pays, était un Ingénieur éminent.

Ces toasts sont accueillis avec enthousiasme et des salves d'applaudissements les soulignent.

Sir Lowthian Bell prend ensuite la parole en anglais; il remercie M. H. Schneider de sa magnifique réception, il fait ensuite son éloge en rappelant l'exemple et les travaux de son père, et au nom de l' « Iron and Steel Institute » il lui remet la grande médaille d'or annuelle, instituée par Bessemer. *(Applaudissements prolongés.)*

M. H. Schneider répond en remerciant l'Institut du Fer et de l'Acier de l'avoir honoré lui, « simple praticien », d'une distinction qui jusqu'ici n'a passé que deux fois le détroit pour être donnée à deux éminents professeurs métallurgistes de l'Autriche et de la Suède. M. Schneider fait remarquer qu'une bonne part de cette récompense revient à ses excellents et dévoués collaborateurs; il parle aussi de la confraternité régnant entre les ouvriers et les chefs de l'usine qui viennent de le nommer député, succès auquel il était loin de s'attendre. M. Schneider trace ensuite un tableau de l'industrie continentale et dit, à propos de la communication de M. Pradel sur le projet de pont sur la Manche, qu'il serait très intéressant que la première Société métallurgique du monde s'occupât de ce projet qui nécessitera une consommation d'au moins un million de tonnes de métal.

M. H. Schneider termine en buvant à la prospérité de l'Institut du fer et de l'acier.

Ce toast est accueilli par les enthousiastes applaudissements de nos collègues anglais qui chantent en cœur le refrain :

For he is a jolly good fellow, etc.

La musique entonne alors « le God Save the Queen », suivi aussitôt après de *la Marseillaise*.

M. Périssé, notre Vice-Président, se lève à son tour et, au nom de la Société des Ingénieurs civils, remercie M. Schneider de sa magnifique réception et porte la santé des Ingénieurs du Creusot, la première usine de France. *(Bravos! Bravos! Applaudissements.)*

M. Barba, Ingénieur en chef, remercie, au nom des Ingénieurs du Creusot, Sir L. Bell et M. Périssé des paroles bienveillantes qui leur ont été adressées de la part des Ingénieurs français et des membres de l' « Iron and Steel Institute », et se félicite de ce que la Société des Ingénieurs civils ait amené au Creusot les métallurgistes anglais.

A deux heures, nous sommes retournés à l'usine ; en descendant par le grand escalier, nous avons jeté un coup d'œil sur les hauts fourneaux, dans le service de M. de Rougemont ; puis nous avons visité les immenses ateliers de construction dont les produits irréprochables sont depuis si longtemps connus. M. Toussaint, chef de service, nous a guidés dans notre visite et nous a montré en détail l'atelier d'ajustage des locomotives, les fonderies où nous avons vu le moulage d'une hélice de l'*Alger*, ainsi que celui d'un voussoir des tourelles cuirassées belges, l'atelier de forage des canons, des arbres porte-hélices et même des arbres coudés de moyen et gros diamètre. Dans l'atelier de montage, la machine de 12 000 chevaux du *Magenta* et celle de 8 000 chevaux de l'*Alger*, et une machine Corliss de 500 chevaux pour la manufacture d'armes de Châtellerault avec volant de 9 *m*, ont attiré notre attention.

Nous visitons ensuite l'atelier de chaudronnerie où nous voyons l'emboutissage à la presse d'une grosse plaque de chaudière marine. Dans un atelier de précision, exclusivement réservé à l'outillage, nous avons été frappés de l'ordre et du soin apportés à la fabrication et au réglage des appareils de mesure et de contrôle.

L'heure avançait, et nous n'avions pas encore vu les aciéries ; aussi n'avons-nous fait que jeter un coup d'œil sur les archives et sur le laboratoire de travaux chimiques dirigé par M. Werth.

Dans la halle des aciéries dirigées par M. Bouvart, chef de service, et M. Coureau, sous-chef, nous avons assisté à une opération Bessemer avec fonte phosphoreuse, et, nous avançant vers la bat-

terie des fours Martin-Siemens, nous traversons l'atelier de fonderie d'acier où étaient en cours de moulage : un gros corps d'affût pour canon de 32, un grand couvercle de cylindre et un étambot pour un garde-côtes japonais. Quatre fours Martin étaient prêts à couler; la charge (18 tonnes) de trois d'entre eux a été successivement employée à la coulée d'un lingot de plus de 50 *t*. Les trois poches, amenées par chemin de fer au-dessus de la lingotière, ont été successivement coulées par M. Lowthian Bell, M. H. Schneider, et par notre Vice-Président, M. Périssé.

Avant de quitter l'aciérie, nous avons vu travailler les fours rotatifs pour la fabrication du fer supérieur, d'après un dispositif Danks perfectionné par M. Bouvart.

En nous rendant au bureau de la Direction où des rafraîchissements étaient préparés, nous avons reçu de M. Raymond, chef du service des mines, des renseignements sur les gisements de charbon anthraciteux très pur que l'on mélange presque par moitié avec des houilles de Saint-Étienne pour la fabrication du coke.

Après avoir pris congé de M. Schneider et l'avoir remercié encore de sa magnifique réception, le même train spécial, avec voitures de luxe, qui nous avait amenés, nous a conduits à Dijon à sept heures et demie, où M. Eugène Schneider, accompagné de MM. Pradel, Rubin et Simon, avait fait préparer à dîner au buffet de la gare.

Une série de toasts, dont quelques-uns fort humoristiques, nous ont agréablement fait attendre l'heure du départ du train. M. Eugène Schneider, qui nous présidait, a pris la parole en anglais avec une facilité et un entrain qui lui ont valu à plusieurs reprises les applaudissements de ses hôtes. Il venait d'apprendre qu'il était nommé membre de « l'Iron and Steel Institute ». Après lui, MM. Withwell, Riley, Kitson fils, notre collègue M Whaley, M. Jeans, un Ingénieur des États-Unis, M. Pradel et M. Simon ont pris successivement la parole. M. Périssé a remercié la Compagnie P.-L.-M. du concours gracieux et bienveillant qu'elle nous avait prêté pour faire honneur à nos hôtes, et à six heures du matin, le samedi 28, le train nous ramenait à Paris.

Excursion dans la Loire.

Le jeudi, 26 septembre, à 8 heures du soir, a eu lieu le départ du second groupe qui se rendait dans la Loire.

M. Noblemaire, directeur général de la Compagnie P.-L.-M.,

avait très gracieusement mis à la disposition des excursionnistes un train spécial et M. Picart, Ingénieur en chef, avait poussé la complaisance jusqu'à déléguer un de ses Ingénieurs, M. Morisse, grâce aux bons soins duquel le voyage s'est opéré d'une façon charmante.

Notre Président, M. Eiffel; M. de Dax, MM. Herscher Charles, Herscher fils Charles, accompagnaient une quarantaine environ d'Ingénieurs anglais, parmi lesquels le Président, Sir J. Kitson, le colonel Dyer, de la Société Armstrong.

Après un excellent voyage, nous sommes arrivés à Saint-Étienne où nous attendaient :

MM. Reymond, ancien président de la Société des Ingénieurs civils et sénateur de la Loire; de Montgolfier, président de la Chambre de commerce de Saint-Étienne, directeur général des forges et aciéries de la Marine, à Saint-Chamond; Thiollier, secrétaire général de la Chambre de commerce; Cholat, directeur des aciéries de Saint-Étienne, etc.

A neuf heures du matin, des voitures sont venues nous prendre et nous ont conduits aux aciéries de Saint-Étienne.

Le directeur, M. Cholat, entouré de ses principaux chefs de service, a pris la tête de la visite et a fait parcourir ses ateliers où nous avons pu assister à la fabrication des tubes pour canons en acier, ainsi qu'au fonctionnement d'un marteau-pilon de 50 *t*, dont on se propose d'augmenter le poids de la masse frappante. Nous avons également vu la fabrication des obus en acier forgé, le laminage des plaques de blindage, la fabrication des bandages de roues, le trempage des canons.

De là, remontant en voiture, nous nous sommes rendus dans l'un des restaurants de la ville où un déjeuner nous était offert par les Compagnies des aciéries de Saint-Étienne, des usines de Firminy et Unieux.

Un tramway spécial nous attendait pour nous conduire aux aciéries d'Unieux. Au bout de la ligne, des voitures spéciales nous conduisent aux usines où MM. Holtzer et Cie, Ménard-Dorian, administrateurs; M. Bruet, leur Ingénieur en chef; M. Duthu, directeur des hauts fourneaux au bois de Réa, nous reçoivent et nous guident à travers les différents ateliers de fonte au creuset en pleine activité, aux ateliers de moulage et de fabrication des creusets; nous passons ensuite aux fours à pudler, aux marteaux-pilons et nous assistons à différentes opérations pour la fabrication des

aciers chromés dont les marques sont aujourd'hui connues non seulement en France mais à l'étranger.

Après la visite de ces très intéressantes usines, les voitures nous conduisent aux aciéries de Firminy, dont M. Douvrelleur, président du Conseil d'administration, et M. Chalmeton, directeur, nous font visiter toute l'installation. Ce sont d'abord la fonte au creuset et la coulée dans des lingotières d'acier fondu dans des fours Martin-Siemens; puis les pilons et les forges, ainsi que les gros laminoirs pour les plaques de blindage. Nous passons ensuite à la fabrication des bandages de roues et des tubes à torpille, forgés sur mandrins; puis aux hauts fourneaux, installés dans l'usine même, et nous reprenons le tramway spécial pour retourner à Saint-Étienne, non sans avoir pris part à une collation dressée dans l'un des ateliers où se trouve une énorme pièce d'affût dont le traçage est préparé avant l'expédition aux manufactures de l'État.

La population se presse sur notre passage pour voir nos hôtes étrangers et aussi notre Président, si connu par la Tour qui porte son nom.

De retour à Saint-Étienne, nous nous rendons au Palais des Arts où a lieu un grand banquet offert par la Chambre de commerce.

L'escalier donnant accès aux salles de réception est orné de plantes rares. La musique du 38e régiment d'infanterie, qui pendant toute la durée du banquet a joué les meilleurs morceaux de son répertoire, est massée à l'entrée du Musée, et, dès que les Présidents anglais et français paraissent, elle exécute *le Rule Britannia*, puis *le God save the Queen*, suivi peu à près de *la Marseillaise*.

M. Galtier, préfet de la Loire ; M. de Montgolfier, président de la Chambre de commerce de Saint-Étienne ; M. le Maire de Saint-Étienne et de nombreuses notabilités nous reçoivent et nous font passer dans la grande salle du Musée où est servi le dîner et où un magnifique éclairage électrique, installé gracieusement par la station Edison de Saint-Étienne, à la tête de laquelle se trouve M. Ebel, faisait ressortir la beauté des tableaux qui nous entouraient.

Au dessert, M. le Préfet se lève et dit qu'il remercie la Chambre de commerce de Saint-Étienne de lui avoir donné la présidence dans une pareille circonstance ; il remercie les Ingénieurs anglais d'être venus dans le bassin de la Loire et porte un toast aux Ingé-

nieurs de tous les pays et en particulier à l'Institut du Fer et de l'Acier.

Sir J. Kitson, dans un speech très spirituel, exprime les remerciements de « l'Iron and Steel Institute » et porte un toast à M. Carnot, en sa double qualité de chef de l'État et d'Ingénieur.

M. de Montgolfier présente l'historique de la grande part qui a été prise par les Ingénieurs du bassin de la Loire à l'établissement des chemins de fer et aux progrès de la métallurgie. Il associe très heureusement les noms de Stephenson et de Seguin et rappelle les travaux de Verpilleux, de Pétin Gaudet, de Jacob Holtzer, puis il porte un toast à Sa Majesté la Reine d'Angleterre.

M. Reymond, sénateur de la Loire, rappelle que c'est la Société des Ingénieurs civils qui a organisé l'excursion et qui a donné une preuve de sa sympathie pour les victimes de l'accident du puits de Verpilleux. Il lève son verre à la Société des Ingénieurs civils et à son Président.

M. Eiffel exprime les remerciements de la Société pour le magnifique accueil fait à ses hôtes et porte un toast aux ouvriers du bassin de la Loire et à la prospérité de son industrie.

M. Girodet, maire de Saint-Étienne, termine la série des toasts en buvant à la fraternité des peuples.

Le lendemain matin de bonne heure, le train spécial qui nous avait amenés nous emmène à Saint-Chamond, où nous visitons les usines de la Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la Marine, dont le Directeur général, M. de Montgolfier, et M. Dupuis nous font parcourir les remarquables installations. Nous voyons d'abord les ateliers de grosse forge, où nous assistons à la manœuvre du pilon de 100 *t* forgeant un lingot de 25 *t*, pour pièces de canon et actionné par des grues de 150 *t*. Ce marteau et celui du Creusot, de même poids, sont les engins les plus puissants de l'outillage actuel.

On passe ensuite dans l'atelier de trempe, muni d'un four vertical de 21 *m* de haut, installé dans une fosse de même profondeur, à l'extrémité de laquelle est la bâche à tremper, de 22 *m* de profondeur, ce qui porte à plus de 40 *m* la profondeur totale de cette installation sans rivale. La manœuvre est faite par un pont roulant de 50 *t*.

Nous nous dirigeons alors vers les ateliers de laminage des plaques de blindage où nous voyons les presses à gabarier et le grand atelier de forage desservi par deux ponts roulants puissants et où sont forés les canons et les obus. Nous voyons ensuite les ateliers

de tournage, de rabotage et de montage. De là nous allons aux fonderies d'acier où nous assistons à la coulée de deux fours Martin, réunie dans une seule lingotière de 20 *t*.

Après la visite de ces usines, un déjeuner nous est offert par M. de Montgolfier; puis, après une série de toasts, nous nous rendons par un tramway spécial à Rive-de-Gier où nous devons visiter les usines de MM. Marrel frères.

En arrivant à Rive-de-Gier le canon tonne et une ovation des plus enthousiastes nous est faite par toute la population. MM. Marrel frères nous conduisent à leur usine des Etaings, près Rive-de-Gier, et nous font voir successivement l'atelier de laminage et de gabariage des blindages, l'atelier de fabrication des obus en acier, la fonderie au creuset et l'atelier d'usinage des gros canons. Nous assistons au martelage d'un lingot de 55 *t* avec un marteau-pilon de 50 *t* qui sera bientôt remplacé pour ce travail par un marteau de 100 *t*, en construction. Tous, nous avons admiré la cheminée monumentale de 118 *m* de hauteur, dont le travail de redressement par sciages est encore présent à nos mémoires.

Une collation nous est offerte et Sir J. Kitson et M. Eiffel boivent au département de la Loire et à ses éminents industriels. M. Ch. Marrel remercie en portant la santé des deux Présidents.

De là on se rend les uns chez M. Deflassieux, les autres chez MM. Arbel frères, où nous assistons à la fabrication des roues en fer forgé dont les pièces sont estampées à chaud.

Mais l'heure du retour approche et nous nous rendons à la gare où nous attend le train spécial qui doit nous ramener à Lyon et de là à Paris.

Après les plus vifs remerciements, chacun prend sa place et nous partons. La population massée aux abords de la gare acclame M. Eiffel pendant que les Ingénieurs anglais poussent trois vigoureux « cheers ».

A Lyon, la Société des Ingénieurs civils offre à ses hôtes un dîner au buffet de la gare.

Sir J. Kitson remercie la Société des Ingénieurs civils et l'invite à venir en Angleterre.

Auparavant M. Eiffel avait porté la santé de tous les Ingénieurs présents et leur avait souhaité une bonne fin de voyage.

Le lendemain matin, à la gare de Paris, on se séparait en se disant au revoir et non adieu.

Excursion à Longwy et dans le Luxembourg.

Pendant qu'avaient lieu les excursions dans la Loire et au Creusot, un certain nombre de membres de l' « Iron and Steel Institute » se rendaient dans l'Est. Ils devaient être accompagnés par M. Jordan, ancien président de la Société.

Rendez-vous avait été pris pour le jeudi 26 septembre à 8 heures 45 minutes à la gare de l'Est. Le lendemain à 5 heures nous arrivions à Longuyon où nous devions reprendre l'embranchement nous conduisant à Longwy. M. G. Aubé, directeur-gérant du Comptoir métallurgique, et M. Bidoux, Ingénieur, étaient venus à la gare de Longuyon pour saluer nos collègues anglais et leur souhaiter la bienvenue.

A 6 heures nous étions à Longwy et, une heure après, nous remontions dans le train spécial que le Comptoir avait eu l'amabilité d'organiser pour nous conduire toute la journée d'usine en usine. Une grande partie des membres du Comptoir, les Maitres de forges et les Ingénieurs nous ont fait l'honneur de nous accompagner pendant toute la durée du voyage.

Nous nous sommes d'abord arrêtés à Saulnes où nous avons été reçus à la gare par M. G. Raty, maitre de forges, et MM. Marc et Fernand Raty, Ingénieurs, qui nous ont fait visiter leur usine et les trois hauts fourneaux avec appareils Cowper. A chaque appareil correspond un hall de coulée puissamment organisé ; onze machines à vapeur desservent ces usines.

De là nous nous rendons à Hussigny. M. Mahaux, directeur-gérant de la Société Lorraine industrielle, nous fait visiter l'usine qui comprend deux fourneaux en feu. Ces fourneaux sont desservis par une série de petites locomotives qui distribuent le minerai et enlèvent les produits et les déchets.

Un second groupe sous la conduite de M. Caron, directeur des Minières de la Côte-Rouge, se dirigeait en même temps vers ce gite qui est presque horizontal et a une puissance d'environ 15 mètres.

Après cette visite nous nous arrêtons à Villerupt dont les usines sont ornées de drapeaux; sous la conduite de M. le comte de Retz, directeur, nous visitons les belles usines de la Compagnie de Châtillon-Commentry, où nous voyons les hauts fourneaux, les machines soufflantes de Seraing et les appareils Whitwell ainsi que

le grand monte-charge desservant les fourneaux. L'usine est alimentée par les minerais argilo-calcaires de la Côte-Rouge.

Nous visitons ensuite, sous la direction de M. le chevalier Van der Maesen, directeur-gérant de la Société des mines de Meurthe-et-Moselle et des usines de Villerupt, les hauts fourneaux de la Société, alimentés par les exploitations à ciel ouvert des environs.

MM. Ferry et Curicque nous font ensuite parcourir les exploitations souterraines de la Côte-Rouge et les usines comprenant hauts fourneaux et fonderies de deuxième fusion.

Vers midi nous nous sommes réunis à Micheville, accompagnés de tous les Maîtres de forges et Ingénieurs nous ayant déjà guidés dans nos visites du matin ou devant nous accompagner l'après-midi, pour prendre part au déjeuner qui nous était offert par le Comptoir métallurgique de Longwy. La salle était luxueusement décorée et au moment de notre entrée, une musique qui s'est fait applaudir pendant toute la durée du repas, entonne le *God save the Queen*, suivi peu après de la *Marseillaise*.

M. le comte de Saintignon qui présidait, avait auprès de lui MM. Gilchrist, Ashbury, Riley et Halpin, membres de l' « Iron and Steel Institute ». Au dessert, il porte un toast à Sa Majesté la Reine d'Angleterre; il boit ensuite aux Ingénieurs anglais et particulièrement à MM. Thomas et Gilchrist qui sont connus de tous par leurs importants travaux.

M. de Saintignon boit ensuite à l'union des peuples français et anglais qui ne pourront que bénéficier de relations soutenues.

M. Gilchrist remercie de l'accueil fait aux Ingénieurs anglais et dit que tous les membres de l' « Iron and Steel Institute » seront très heureux de recevoir à leur tour les Ingénieurs français et les membres du Comptoir métallurgique; il porte la santé du groupe métallurgique de Longwy et celle de M. le comte de Saintignon.

M. Curicque remercie les Ingénieurs anglais de leur invitation qu'il est très heureux d'accepter au nom du groupe métallurgique de Longwy.

M. Ferry boit aux Ingénieurs anglais, maîtres de la science et du progrès dans l'industrie du fer et de l'acier.

M. Thackray dit que la cordialité des relations établies entre les Ingénieurs anglais et français ne fera qu'augmenter; il exprime l'espoir de voir bientôt les Ingénieurs français venir, à leur tour, en Angleterre.

M. Penelle, au nom de la Société des Ingénieurs civils, boit au

Comptoir métallurgique de Longwy qu'il remercie, et aux membres de « l'Iron and Steel Institute ».

M. Curicque porte un toast à M. le professeur Jordan dont il regrette l'absence.

M. Aubé porte ensuite un toast aux dames anglaises.

A 2 heures, nous remontons dans le train spécial et nous nous rendons à Longwy. Nous nous partageons en deux groupes. Le premier, sous la direction de MM. les barons d'Huart et de M. Michel Helson, directeurs, visite les usines de Senelle, où l'on voit deux hauts fourneaux dont les gueulards sont réunis entre eux par une vaste plate-forme assemblée aux cuirasses des fourneaux.

Pendant le même temps, le second groupe, sous la direction de M. le comte de Saintignon, visite ses intéressantes usines qui renferment deux hauts fourneaux munis d'appareils Cowper et de pyromètres spéciaux, inventés par M. le comte de Saintignon, servant à mesurer la température du vent aux tuyères.

Nous arrivons ensuite à Mont-Saint-Martin où M. Dreux, directeur, assisté de MM. Escalle, Demange et Sabas, Ingénieurs, nous font visiter les hauts fourneaux, dont cinq sont en marche, les convertisseurs et les laminoirs des aciéries.

Une exposition comprenant une série d'essais pratiques sur les tôles, cornières, etc., en métal Thomas, avait été organisée dans le grand hall des laminoirs; on avait encore exposé deux diagrammes montrant la marche d'une opération Bessemer.

Après ces visites, malheureusement trop courtes, nous nous réunissons à l'hôtel de Mont-Saint-Martin, appartenant au Comptoir métallurgique. Dans la grande salle étincelante de lumières, ornée de fleurs et d'écussons portant les noms des grands métallurgistes, au nombre desquels nous avons été heureux de trouver les noms de MM. Jordan et Gilchrist à côté de ceux de Thomas et de Bessemer, a eu lieu un magnifique dîner préparé par les soins du Comptoir métallurgique. Durant le dîner, la musique de Mont-Saint-Martin s'est fait entendre.

Au dessert, M. le comte de Saintignon, président, boit aux Ingénieurs anglais avec lesquels on a fait plus ample connaissance et qui sont actuellement devenus nos amis.

M. Riley remercie les membres du groupe métallurgique de Longwy et les invite de nouveau à venir en Angleterre.

M. Ferry boit aux savants et aux chimistes Gilchrist et Thomas qui par leurs découvertes et leur procédé ont fait la fortune des usines de Longwy.

M. Gilchrist porte un toast en anglais, et termine en buvant au Comptoir métallurgique de Longwy et à M. le comte de Saintignon.

M. Cowentry remercie le Comptoir métallurgique de Longwy de sa gracieuse hospitalité ; il est enchanté des visites faites dans les usines et où des relations se sont nouées, qui certainement auront une longue durée. M. Lacanne boit à la France et à l'Angleterre.

Après le dîner, le train spécial nous a ramenés à Longwy.

Le samedi 28, accompagnés de MM. le comte de Retz, le comte de Lespinats, Escalle, Demange et F. Raty, nous franchissons la frontière et nous arrivons à Esch, où MM. Émile, Léon et Gustave Metz et M. Muller nous reçoivent à la gare et nous conduisent visiter les quatre hauts fourneaux d'Esch. Ces hauts fourneaux sont groupés deux à deux; quatre appareils Cowper et des monte-charges à vapeur desservent chaque groupe; une voie ferrée circule dans l'usine, permettant de charger les gueuses sur wagon.

Au sortir de ces usines, nous trouvons un train spécial gracieusement organisé par MM. Metz, qui nous conduit à Dudelange.

M. Mayer, directeur, après un lunch très bien servi, nous fait visiter les usines qui reçoivent d'un côté le minerai et qui livrent de l'autre le métal prêt à être employé. Cette usine comprend quatre hauts fourneaux groupés deux à deux et sur une même ligne; des monte-charges à vapeur, des machines soufflantes et des appareils à chauffer le vent desservent ces hauts fourneaux. Nous voyons ensuite les cornues Bessemer, les laminoirs et les laboratoires.

Puis le train spécial nous ramène au château de Beggen, où nous sommes reçus par M^me^ Metz.

Pendant le déjeuner qui nous a été offert, M. Metz porte un toast aux Ingénieurs anglais. MM. Gilchrist et Thackray, au nom des Anglais, et M. le comte de Lespinats, au nom des Français, remercient M. Metz de cette belle réception.

L'heure du départ ayant sonné, nous prenons congé de notre aimable hôtesse, MM. Metz et Muller ayant tenu à nous accompagner à Luxembourg où chacun prend une direction différente, emportant le meilleur souvenir du magnifique accueil qui nous a été fait.

Excursion dans les usines de la région de Maubeuge.

Les membres de l' « Iron and Steel Institute » ont été reçus à

Maubeuge par le Comité des Forges du Nord. M. Martelet, administrateur gérant de la Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin, président du Comité, empêché, avait délégué M. Jambille, directeur gérant de la Société anonyme des hauts fourneaux de Maubeuge, pour recevoir, en son nom, les excursionnistes anglais.

Les membres de l'« Iron and Steel Institute » ont été, en outre, reçus par :

M. F. Dumont fils, représentant la Société des Forges de Gustave Dumont et Cie ;

M. Dufer, directeur de la Société anonyme de la fabrique de fer de Maubeuge ;

MM. Victor Dumont, administrateur délégué de la Société des laminoirs et usines de l'Espérance ; Armand Dumont, agent de la Société, à Paris ;

MM. Jambille, directeur gérant de la Société des hauts fourneaux de Maubeuge ; Spallart, secrétaire général ; Vopel, directeur des fonderies et ateliers ; Edmond Vopel, ingénieur des hauts fourneaux ; Blangille, ingénieur des laminoirs ;

MM. Jaumain, directeur des usines d'Haumont ; Fréson, ingénieur des aciéries, représentant la Société anonyme des laminoirs, hauts fourneaux, fonderies, usines et aciéries de la Providence.

MM. Armand Sépulchre, directeur des hauts fourneaux d'Aulnoye, Morel Sépulchre, directeur des laminoirs du Tilleul, à Saint-Marcel ; Félix Sépulchre, ingénieur de la Société Vezin-Aulnaye ; Rémy Sépulchre, ingénieur des laminoirs du Tilleul, à Maubeuge ; Rigo Sépulchre, ingénieur des laminoirs de Saint-Marcel, à Hautmont.

M. Alexandre Sépulchre, directeur général de la Société Vezin-Aulnoye, obligé de s'absenter, s'est fait excuser auprès des membres de l'« Iron and Steel Institute ».

M. E. Lesaffre, administrateur délégué de la Société des établissements métallurgiques de Ferrière-la-Grande.

Les membres de l'« Iron and Steel Institute » ont d'abord visité l'usine Saint-Marcel, à Aulnoye, appartenant à la Société de Vezin-Aulnoye, où ils ont vu plus particulièrement les laminoirs.

Puis ils sont ensuite allés aux usines de la Providence, à Hautmont, comprenant hauts fourneaux, aciéries et laminoirs qui fabriquent les tôles marchandes et les fers profilés.

A onze heures et demie, les Ingénieurs français et anglais se

réunissaient à Sous-le-Bois. Un déjeuner, préparé par les soins du Comité, avait été servi dans le local de la fanfare du Tilleul.

Au dessert, M. Jambille porte un toast à l'« Iron and Steel Institute » et à son Président; M. Bulter boit aux maîtres de forges du Nord; M. Patchett, à l'industrie française et à la France. Enfin, M. Morel, au nom des membres français du Nord, porte un toast aux membres présents de l'« Iron and Steel Institute » et à leurs collègues.

Après le déjeuner, sous la conduite des Ingénieurs français, nos invités visitent les intéressants hauts fourneaux, les laminoirs et les fonderies des usines de la Société des hauts fourneaux de Maubeuge; puis l'usine du Tilleul appartenant à la Société de Vezin-Aulnoye, à Maubeuge, comprenant des laminoirs pour tôles marchandes et fers profilés.

Après cette journée si bien remplie par tant de visites intéressantes, les membres de l'« Iron and Steel Institute » ont pris congé leurs hôtes et sont partis dans différentes directions.

Enfin une dernière excursion devait avoir lieu aux aciéries de France, à Isbergues, où M. Philippart attendait ses hôtes. Mais, par suite du très petit nombre des membres présents le jour du départ, la visite projetée n'a pu avoir lieu.

Tel est l'ensemble des visites et des excursions qu'ont pu faire nos invités les Membres de l'« Iron and Steel Institute ».

De cordiales relations se sont formées pendant les journées passées ensemble et nous espérons qu'elles ne tarderont pas à amener d'excellents résultats.

DISCOURS[1]

DE

M. H. DE PLACE

à l'inauguration de la statue de J.-B. DUMAS, à Alais

(le 5 novembre 1889).

MESSIEURS,

Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France et par délégation spéciale du Président, M. G. Eiffel, et de son Comité, je viens, à mon tour, apporter un juste tribut de reconnaissance filiale, de respectueux souvenir et d'impérissable admiration à l'immortel savant dont nous fêtons aujeurd'hui la mémoire, à J.-B. Dumas qui, par un rare privilège du génie associé à la puissance du travail, devint, par son œuvre à la fois scientifique et littéraire, l'une des illustrations les plus pures et les plus complètes de notre pays.

Les voix les plus autorisées viennent de vous rappeler la vie, les découvertes fécondes, la célébrité précoce, les talents oratoires et administratifs et les vertus de notre illustre maître qui semble avoir été l'incarnation du génie universel ; mon rôle se borne à vous parler de ses relations avec notre Société d'Ingénieurs.

Et d'abord, ne pouvons-nous pas dire qu'il appartenait à la grande corporation des Ingénieurs français comme un père appartient à sa famille?

N'était-il point, en effet, l'un des principaux et des plus vénérés fondateurs de cette grande pépinière d'Ingénieurs, l'École Centrale, qui a si largement contribué à porter, avec la civilisation industrielle, le nom de l'éminent professeur jusque dans les contrées les plus lointaines?

Ce sont les anciens élèves de Dumas qui fondèrent, en 1848, la libre et puissante Société dont j'ai l'honneur d'être aujourd'hui l'organe, société qui fut bientôt largement ouverte aux Ingénieurs civils de toute origine et de toute nationalité et à laquelle M. Carnot, ingénieur, Président de la République française, rendait hommage il y a peu de jours, dans une visite à l'Exposition, en disant

(1) Voir le procès-verbal de la Séance du 18 octobre, page 434.

à son président : « *Je connais les travaux de la Société des Ingénieurs civils; quant à ceux de ses membres, ils remplissent l'Exposition.* »

Mais c'est surtout comme *membre honoraire*, titre exceptionnellement réservé aux sommités de la Science, que J.-B. Dumas appartenait directement, depuis 1869, à la Société des Ingénieurs civils formée en grande partie de ses anciens élèves, et je m'empresse d'ajouter avec orgueil que notre Société a été moins heureuse de pouvoir décerner quelques années plus tard, en 1884, ce même titre de *membre d'honneur* à l'illustre Président que la ville d'Alais est fière de posséder pour la fête de ce jour, à l'ancien collaborateur et ami dévoué de J.-B. Dumas, à M. Pasteur que je salue avec respect au nom de la Société des Ingénieurs civils de France.

Enfin, il me semble, Messieurs, que nous ne saurions mieux faire, en pareil jour, que de reporter à leur auteur les paroles suivantes que J.-B. Dumas a prononcées en l'honneur de Faraday, dans l'éloge historique qu'il fit du grand physicien anglais :

« Il n'est pas de ceux qu'une nation puisse revendiquer d'une » façon exclusive... ; il appartient au monde entier. Il n'est pas sur » la terre un point où la civilisation ait pénétré qui ne se croit le » droit de partager le respect et la reconnaissance que lui porte » son pays ! » *(J.-B. Dumas, Éloge historique de Faraday.)*

Aussi, sous le précieux et sympathique patronage de M. Pasteur, suis-je heureux de répéter au nom de la Société des Ingénieurs civils : Honneur à J.-B. Dumas, l'une des plus grandes gloires non seulement d'Alais, mais de la France et de l'humanité tout entière. *(Applaudissements.)*

DISCOURS

DE

M. G. EIFFEL. Président de la Société,

aux obsèques de M. E. MULLER

(le 18 novembre 1889).

MESSIEURS,

Je viens, au nom de la Société des Ingénieurs civils, adresser un dernier adieu et un dernier hommage à notre ami et à notre collègue. Émile Muller, qui, après avoir été pendant nombre d'années, membre du Comité et du Bureau de notre Société, fut appelé à sa présidence en 1872.

C'est là une perte bien sensible que nous venons de faire.

Tous les membres de notre Société se souviennent en effet de la part considérable qu'il a prise à ses travaux et de l'intérêt passionné qu'il apportait à son avenir. Là, comme partout où il a passé, Émile Muller a laissé une trace profonde de son action, qui n'est comparable qu'au souvenir ému qu'il a imprimé à jamais dans le cœur de ses amis.

Ceux surtout d'entre nous qui l'ont connu dès sa jeunesse ont encore présent à leur esprit le charme pénétrant de sa parole, cette sensibilité exquise et communicative qui le rendaient si attachant, soit qu'il parlât de choses d'art, soit qu'il traitât de ces questions ouvrières qui lui tenaient tant à cœur.

En effet, Émile Muller n'était pas seulement un ingénieur d'un grand mérite ; il était aussi un artiste par sa recherche passionnée du beau et par la jouissance profonde qu'il éprouvait à le contempler en dehors de lui et à le goûter quand il était le fruit de ses propres efforts.

Quant aux questions ouvrières, chacun de nous sait qu'elles ont été la dominante de sa vie ; dès sa jeunesse, elles furent l'une de ses grandes préoccupations, et il les a étudiées au point de vue de l'Ingénieur, c'est-à-dire à celui de l'amélioration matérielle du sort de l'ouvrier ; il était bien convaincu, comme nous le sommes tous, que de cette amélioration matérielle bien entendue dépend aussi l'amélioration morale ; que donner au travailleur une habitation saine, propre et agréable, c'est lui donner, avec la santé, le goût des joies de la famille, l'amour de son intérieur, ainsi que tous les sentiments d'économie, de dignité et de conduite qui en sont la conséquence naturelle. Il eut le grand bonheur de voir réaliser les idées qui lui furent chères et dont il fut l'apôtre con-

vaincu, par la construction des cités ouvrières de Mulhouse et le bonheur, plus grand encore, d'assister aux bienfaits que ses généreuses conceptions ont réalisés.

Le bien dont il fut l'origine est considérable, non seulement par son œuvre même, mais aussi par son exemple et par son ardente propagande qui ne s'est pas arrêtée un seul instant de sa vie.

Après le succès de sa première création, il continua à être l'inspirateur de tout ce qui s'est fait depuis dans cet ordre d'idées par des fondations de sociétés alimentaires, de maisons d'école, de crèches, de bains, de lavoirs, de logements à bon marché, etc.

Après les progrès dans l'ordre matériel, il porta aussi son amour du bien sur des progrès dans l'ordre économique : il se livra à de remarquables études sur la participation des ouvriers aux bénéfices de leur industrie, et, répondant aux instances de ses amis de la Société de protection des apprentis, il fonda l'Association des Industriels de France pour préserver les ouvriers contre les accidents du travail.

Mais combien d'autres œuvres encore, à la fondation desquelles il participa ! Je citerai seulement l'École d'architecture avec M. Trélat;

La Société républicaine du Progrès social et politique :

L'École des Sciences politiques, avec M. Boutmy ;

L'Association parisienne de surveillance des appareils à vapeur ;

Enfin, la revue *le Génie civil*.

Toutes ses œuvres ressentirent jusqu'à la fin de sa vie les effets d'une ardeur que rien ne lassait, pas même les fatigues de l'enseignement et du cours de constructions civiles, professé par lui avec tant d'éclat à l'École Centrale depuis 1864.

Il semble qu'une telle tâche accomplie d'une façon aussi remarquable est plus que suffisante pour remplir la vie d'un homme. Il n'en est rien, et l'œuvre industrielle d'Émile Muller est aussi importante que son œuvre sociale et en quelque sorte publique.

Après avoir construit en Alsace, où il était né, de nombreux établissements industriels, il fonda à Paris, en 1854, avec M. Bouillon, une Société pour organiser les établissements de blanchisserie, bains et lavoirs, laquelle fut bientôt chargée de ces installations dans tous les hôpitaux de Paris et dans les grands établissements et hôtels de France.

A cette même époque, il fondait à Ivry l'importante usine de produits céramiques, dont la réputation est aujourd'hui consacrée dans le monde entier.

Que d'utiles produits, que d'artistiques compositions sortirent de ces belles usines dont il fut l'âme, et où il a heureusement laissé le plus cher de ses collaborateurs, son fils Louis, qu'il avait depuis longtemps initié à toutes les ressources de la science, et qui, sur les traces de son père, saura maintenir le renom de cette belle industrie !

C'est à cette usine qu'est due la plus grande partie des travaux céramiques exécutés depuis trente ans, et notamment ceux que nous avons tous admirés à l'Exposition universelle de 1889, tels que la couverture en faïence des dômes, la décoration des grands porches du palais, etc.

Indépendamment de cette considérable et ininterrompue production,

Emile Muller put encore s'occuper d'autres questions industrielles capitales, et toujours avec un complet succès.

Je citerai notamment l'application des gazogènes à la fabrication du gaz dans les fours si connus du système Muller et Eichelbrenner; la fabrication des produits réfractaires destinés aux fours à haute température. tels que les briques en silice pure et les creusets en plombagine, qui lui coûtèrent huit années de persévérantes recherches.

C'est lui, enfin, qui le premier indiqua dans l'un de ses brevets le rôle que devaient jouer les garnitures magnésiennes pour l'avenir de la métallurgie française.

Cette nomenclature est bien longue, mais combien de choses y sont cependant omises. Pour vous en donner l'idée, il me suffira de vous rappeler qu'à notre dernière Exposition, il exposa dans sept classes différentes et qu'il remporta deux grands prix et cinq médailles d'or.

Tout cela constitue un labeur immense, dont peu d'hommes jusqu'à présent ont été capables et que la maladie seule a pu interrompre. Aussi sommes-nous fiers de le compter comme un des nôtres, soit comme ancien Élève de l'École Centrale, soit comme l'un des Membres de la Société des Ingénieurs civils.

Sa vie nous doit être à tous un grand exemple et un encouragement. Personne plus que lui ne joignait les qualités qui font le bon citoyen et le patriote au dévouement par lequel on se consacre à l'amélioration du sort des travailleurs, à la science de l'Ingénieur, qui a pris pour but de ses efforts le progrès sous toutes ses formes, et enfin à cette chaleur de cœur qui de nous tous qui sommes ici et de tous ceux qui l'ont connu, lui ont fait des amis.

Ce doit être aussi un encouragement. Comme satisfactions de toute sorte, fortune, honneurs, affections intimes, rien ne lui a manqué, et en même temps les amitiés dont je parlais lui sont toujours restées fidèles et s'affligent aujourd'hui, avec sa famille, de cette cruelle séparation.

Mais la vie de cet homme de bien, de ce grand cœur, de ce soldat du progrès, aura laissé ici-bas des traces profondes, et c'est avec émotion, qu'en votre nom, j'adresse un pieux hommage de reconnaissance à notre ami et collègue Émile Muller, dont le souvenir vivra toujours parmi nous.

CHRONIQUE

N° 119

Sommaire. — Expériences sur les machines du steamer *Meteor*. — Travail de l'homme. Daniel Gooch. — Extraction de l'aluminium. — Coulée des lingots d'acier. — Machines fixes à l'Exposition universelle de 1889. — Origine de la machine compound.

Expériences sur les machines du steamer *Meteor*. — Nous avons rapporté, dans nos chroniques de février et mars 1885, les expériences très complètes faites sur la machine du steamer américain *City of Fall River*. Nous croyons intéressant de donner un résumé d'expériences analogues faites sous la direction du professeur Kennedy et qui ont fait l'objet d'un rapport très complet présenté par lui à la réunion du printemps dernier de l'*Institution of Mechanical Engineers*.

Ces expériences ont été faites le 24 juin 1888, sur les machines du steamer *Meteor* appartenant à la *London and Edinburgh Shipping Company*, pendant une traversée de Leith à Londres. Ce navire, mis par ses propriétaires à la disposition de la Commission chargée de recherches sur les machines marines, est un vapeur en fer de 78 *m* de longueur entre perpendiculaires, de 692 *t* de jauge *register* et 2 090 tonneaux de déplacement au tirant d'eau moyen de 4,61 *m*.

Les machines appartiennent au type à triple expansion et ont été construites par MM. J. et G. Thomson, de Clydebank, Glasgow. Les cylindres ont des diamètres respectifs de 0,747, 1,115 et 1,778 *m* avec course commune de 1 220 *m*, ce qui donne des rapports de volume successifs de 1, 2,24 et 5,67 ; le rapport entre le premier et le second cylindre étant de 2,24, celui entre le second et le troisième cylindre est de 2,50.

Les cylindres agissent chacun sur un coude de l'arbre et les trois coudes font des angles égaux, soit 120 degrés, les uns par rapport aux autres. Dans le sens de la marche en avant, le cylindre à basse pression est le premier, puis vient le cylindre intermédiaire et après le cylindre à haute pression.

Les cylindres sont enveloppés de vapeur seulement sur la partie cylindrique, pas dans les fonds ; la vapeur vient directement de la chaudière aux enveloppes ; il y a des poches pour recueillir l'eau condensée, avec des tubes de niveau en verre. Les espaces neutres des divers cylindres sont, d'après les renseignements donnés par les constructeurs, 12,4, 9,3 et 8,2 0/0 du volume décrit par les pistons, en commençant par le cylindre à haute pression.

Les tiroirs sont tous cylindriques ; il y en a un pour le petit cylindre et deux pour chacun des autres ; ils sont commandés par des coulisses ; pendant la marche, les coulisses des derniers cylindres sont à fond de course, mais celle du premier est relevée de manière à donner une admission de 55 0/0.

La condensation se fait par surface avec 288 m^2 de tubes. Le propulseur est une hélice à quatre ailes de 4,45 m de diamètre et 6,90 de pas moyen.

La vapeur est fournie par deux chaudières doubles, avec 12 foyers en tout. Les chaudières, en tôle d'acier et foyers ondulés de Fox, ont 4,12 m de diamètre et 4,80 m de longueur. La surface totale de grille est 19,30 m^2 et la surface de chauffe de 618 m^2, ce qui donne un rapport de 32.

Les tubes ont un diamètre extérieur de 64 mm et une longueur de 1,94 m. Il y a une chambre commune pour les foyers et les tubes opposés. Il n'y a pour les deux chaudières qu'une cheminée dont le diamètre est de 2,21 m et la hauteur de 18,35 m au-dessus de l'axe des foyers les plus bas.

Les machines et chaudières avec l'eau, etc., pèsent 396 000 kg.

Le but des essais était d'apprécier, aussi exactement que possible et pendant une période suffisamment prolongée, la consommation d'eau et de combustible par cheval développé sur les pistons et mesuré à l'indicateur.

La série des essais opérés a compris : 1° la pesée du combustible ; 2° l'analyse des gaz de la combustion ; 3° le jaugeage de l'eau d'alimentation ; 4° la mesure du travail développé. Nous examinerons successivement les dispositions prises pour opérer ces diverses constatations.

1° Le charbon était pesé dans chaque chambre de chauffe au moyen d'une balance à ressort ; le charbon était contenu dans des paniers de 60 kg environ de capacité. On formait avec ce charbon pesé des tas de 300 kg à peu près sur le parquet devant les chaudières, un à droite et un à gauche, et on alimentait les foyers avec le charbon provenant de ces tas. On notait le moment où chacun était épuisé et on en reformait un nouveau avec du combustible pesé. Les grilles ne furent pas décrassées pendant la durée de l'essai, mais elles furent nettoyées immédiatement après l'achèvement, et les cendres et les escarbilles furent pesées. Le combustible était du charbon d'Écosse, coûtant à Leith 9,40 f la tonne. Ce charbon a été analysé et son pouvoir calorifique a été déterminé ainsi que sa composition par M. C. I. Wilson de l'*University College*, à Londres, avec les résultats suivants :

Carbone	70.31 0/0
Hydrogène	4.88 »
Eau	10.68 »
Cendres	3.46 »
Azote, soufre et oxygène	10.67 »
	100.00 0/0

Ces chiffres sont les moyennes de deux analyses qui ont donné des résultats presque identiques. Si on réduit l'hydrogène en carbone, on trouve que chaque kilogramme de combustible représente 0,878 kg de carbone et que sa puissance calorifique peut être estimée à 7 100 calories en nombres ronds.

2° La température des gaz sortant des tubes était observée de temps en temps, pendant la durée de l'essai, au moyen d'un thermomètre placé au niveau du pont supérieur et plongeant de 0,60 m dans la cheminée.

C'était un thermomètre à mercure ayant de l'azote comprimé au-dessus du mercure, de manière à lui permettre de donner encore des indications à des températures notablement supérieures au point d'ébullition du mercure.

Des échantillons de gaz ont été recueillis pendant l'expérience et conservés sur du mercure dans des bouteilles cachetées, pour être analysés ultérieurement. Malheureusement ces échantillons ont été perdus à l'exception d'un seul, qui a été analysé par M. C. I. Wilson et dont la composition sera donnée plus loin. Le tirage de la cheminée était mesuré par un manomètre en U placé à l'endroit même où se faisaient les prises de gaz.

3° Le jaugeage de l'eau d'alimentation s'opérait sur l'eau passant de la bâche à la pompe alimentaire, cette dernière étant une pompe Worthington indépendante. A cet effet, un tuyau de 0,10 *m* de diamètre était fixé à la bâche et se terminait par un robinet à deux voies, qui permettait de décharger l'eau sortant de la bâche dans l'un ou l'autre des deux réservoirs disposés pour le jaugeage de l'eau. Au bas de ces réservoirs étaient des tuyaux aboutissant à un autre robinet à deux voies permettant à la pompe alimentaire de puiser à l'un ou à l'autre des réservoirs. Ceux-ci portaient des tubes de niveau d'eau gradués.

Voici comment se faisait l'opération. La décharge de la bâche représentant l'eau condensée provenant de la vapeur sortant de la machine, des enveloppes et aussi du chauffage de l'eau d'alimentation et de quelques provenances accessoires qui seront indiquées plus loin, était dirigée, comme on vient de le dire, dans l'un ou l'autre des réservoirs, le remplissage de chacun exigeant environ 2 minutes et demie. Entre chaque remplissage, on laissait un intervalle d'une minute pour s'assurer que le remplissage ou la vidange étaient complète, pour noter les températures de l'eau, etc. A cet effet le robinet du bas était placé dans la position intermédiaire, de manière que la pompe ne prenait à aucun des deux réservoirs.

Après l'essai les réservoirs furent remontés avec leur tuyautage au laboratoire de l'*University College*, à Londres, où ils furent jaugés avec tout le soin possible par pesée. On constata que l'un contenait 819 *l* et l'autre 809 *l* à la température de 15 degrés centigrades, et, en outre, que l'erreur probable dans le remplissage ou la vidange de chaque réservoir pouvait s'élever à 1 *l* environ, et cela *en plus* ou *en moins*. Il semble dès lors que cette méthode d'opérer, qui est d'ailleurs très laborieuse, peut inspirer toute confiance dans les résultats obtenus. Il aurait été certainement préférable d'opérer avec de grands réservoirs jaugés, mais le manque de place ne le permettait pas. On prenait à chaque fois, comme il a été dit, la température de l'eau dans les réservoirs, de manière à avoir d'une façon très exacte la température moyenne de l'eau d'alimentation.

L'eau, en quantité connue, envoyée aux chaudières, était transformée en vapeur servant à alimenter les machines principales avec leurs enveloppes et aussi la pompe alimentaire Worthington ; cette dernière partie doit être d'ailleurs sensiblement la même que celle qui correspondrait au travail absorbé par une pompe alimentaire ordinaire reliée à la machine principale. La pompe de circulation, la dynamo, la machine à gouverner

et les treuils à vapeur étaient alimentés de vapeur par la chaudière auxiliaire tenue en pression pendant toute la durée de l'essai. L'échappement de la machine actionnant la pompe de circulation et de la machine de la dynamo allait au condenseur des grandes machines et, par conséquent, l'eau en provenant était jaugée, bien que la vapeur ne passât pas dans les machines principales.

On a estimé que ces quantités additionnelles, d'ailleurs très peu importantes, pouvaient être supposées compenser les pertes de diverse nature subies par la vapeur dans son passage à travers la machine. Il y a, dans cette partie des essais, une certaine cause d'incertitude sur laquelle nous reviendrons plus loin.

4° Pour la mesure du travail développé, on relevait des diagrammes d'indicateur chaque demi-heure pendant toute la durée de l'essai. Pour cela on employait six indicateurs Crosby, un sur chaque extrémité de chaque cylindre.

Ces appareils étaient fixés directement sur chaque cylindre à l'aide d'un tube de communication de fort diamètre n'ayant jamais qu'un seul coude.

On relevait les nombres de tours chaque demi-heure, sur le compteur, au moment où se faisait la prise des diagrammes.

Toutes les conditions de conduite de la machine et des chaudières étaient aussi exactement que possible conservées les mêmes que dans le service régulier du navire.

Résultats des essais. — Les résultats des essais ont été reproduits graphiquement sur des tracés annexés au mémoire, et peuvent se résumer comme suit :

Les expériences faites, comme on l'a vu plus haut, pendant une traversée de Leith à Londres, le 24 juin 1888, ont été commencées à 1 h. 30m. du matin et ont été terminées à 6 h. 36 m. du soir pour les machines, soit une durée de 17 heures et 6 minutes. Pour les chaudières, l'essai a duré trois minutes de plus, parce qu'il a fallu ce temps supplémentaire pour ramener l'eau dans les tubes de niveau exactement à la même hauteur qu'au début.

Le combustible brûlé pendant les essais a été de 15 820 *kg* pour une chaudière et de 15 300 pour l'autre, soit un total de 31 120 *kg* pour l'ensemble de l'appareil de vaporisation.

A la fin des expériences, on a trouvé, en nettoyant les grilles, un résidu formé de 757 *kg* de cendres et 1 271 *kg* d'escarbilles ; les cendres représentent 2,43 et les escarbilles 4,08 0/0 du poids total du combustible, ce qui fait une proportion totale de 6,51 0/0 du combustible brut.

La température moyenne des gaz, mesurée à base de la cheminée, déduite de 38 observations, a été trouvée de 420 degrés centigrades. La dépression produite à la même place par le tirage s'est maintenue, pendant tout le temps des essais, à 8 *mm* de hauteur d'eau. Le seul échantillon des gaz qui ait pu être analysé a donné la composition suivante, tant en volume qu'en poids :

Acide carbonique . . .	12.5 0/0	en volume et	18.17 0/0	en poids.
Oxyde de carbone. . .	0.8 —	—	— 0.75 —	—
Oxygène.	5.4 —	—	— 5.71 —	—
Azote	81.2 —	—	—75.37 —	—

L'échantillon en question a été recueilli à 11 h. 30 m. du matin dans les conditions normales de marche. Pendant la plus grande partie de l'essai, les feux ont été conduits avec une couche aussi épaisse que possible de combustible sur les grilles, et celles-ci n'ont pas été nettoyées. Il se produisait beaucoup de fumée immédiatement après le chargement, mais presque pas ensuite.

On notait les époques du chargement des foyers, et on a trouvé que l'intervalle moyen des chargements était de 24 minutes; cette opération se faisait successivement pour les divers foyers et aussi rapidement que possible.

La température moyenne de l'eau d'alimentation, qui était rechauffée avant sa sortie de la bâche au moyen d'un dispositif imaginé par M. Clephane, chef mécanicien du navire, a été trouvée de 72,8 degrés centigrades, les températures extrêmes étant 71 et 76,5. A cette température, les volumes des deux réservoirs sont, en corrigeant ceux qui ont été donnés plus haut, de 802 et 792 litres. Pendant la durée totale des essais, le premier a été rempli 145 fois et l'autre 146. Le poids total d'eau introduit dans les chaudières ressort ainsi à 232,004 *kg*, ce qui fait 13,527 *kg* par heure.

(A suivre.)

Travail de l'homme. — On se figure difficilement l'importance du travail mécanique effectué par les diverses parties du corps humain. Un exemple curieux nous est fourni par des calculs intéressants faits par le Dr J. Buchheister sur le travail produit par certains montagnards dans des ascensions, d'après une note que nous trouvons dans l'*Iron*. Si on suppose un homme du poids de 75 *kg*, gravissant une hauteur verticale de 2 000 *m*, le travail physique qu'il aura à développer correspondra au produit de son poids par la hauteur, soit $2\,000 \times 75 = 150\,000$ *kgm*.

Ce chiffre représente uniquement le travail qui doit être effectué par les muscles des jambes, mais il faut tenir compte en outre des contractions musculaires du cœur. Les fonctions de cet organe consistent, comme on sait, à déterminer la circulation du sang dans le système artériel et dans les poumons. Cette propulsion se fait à la vitesse initiale de 0,45 *m* par seconde, ce qui représente, dans le cas d'un adulte, un travail d'environ 0,55 *kgm* par chaque contraction du cœur. Pour l'adulte, on peut compter en moyenne 72 pulsations par minute, mais dans les ascensions, le nombre s'accroit considérablement. Prenons 100 par exemple; on trouve alors un travail de 55 *kgm* par minute, 3 300 par heure et 16 500 pour les cinq heures qu'est supposée devoir durer l'ascension de 2 000 *m* par un homme robuste et exercé.

Le travail effectué pour la respiration par les muscles de la poitrine peut être estimé à la même quantité de 0,55 *kgm*. En admettant 25 respirations en moyenne par minute, bien que ce chiffre soit trop faible pour les conditions où se trouve le sujet considéré, on trouve, pour les cinq heures de l'ascension, un travail additionnel de ce chef de 4 125 *kgm*. Le total de ces divers travaux partiels s'élève à 170 625 *kgm*.

Il y aurait encore à ajouter le travail dépensé par le frottement des pieds

sur le sol et par les nombreux incidents que comporte généralement une ascension de cette nature. Il est impossible d'en tenir compte exactement, mais le Dr Buchheister conclut qu'on ne peut estimer à moins de 190 000 *kgm* le travail dépensé pour franchir en cinq heures une différence de niveau de 2 000 *m*. Ce travail correspond à 10,55 *kgm* par seconde, soit un sixième de cheval-vapeur.

Daniel Gooch. — La mort vient d'enlever encore un des grands Ingénieurs de chemins de fer qui furent les élèves ou les successeurs de Stephenson et qui continuèrent l'œuvre dont le maitre avait démontré à la fois la possibilité matérielle et l'importance commerciale. Le moment était arrivé où le bateau sur les canaux et le fourgon de messageries sur les grandes routes n'étaient plus à la hauteur des besoins du trafic, et il est curieux de constater la facilité avec laquelle la nouvelle ère qui s'ouvrait put recruter un personnel de choix. Si on pense que Daniel Gooch n'avait que vingt et un ans lorsque, sur la recommandation de Brunel, il fut appelé à la position de *locomotive superintendent* du Great Western Railway, on ne peut se défendre d'un sentiment d'admiration pour cette époque. Il est à peine besoin de dire que Daniel Gooch justifia pleinement la confiance qu'on avait mise en lui, puisqu'il resta attaché au Great Western, sauf une très courte interruption, pendant cinquante-deux ans, jusqu'à sa mort, survenue au commencement d'octobre dernier.

Pendant vingt-sept ans, M. D. Gooch occupa les fonctions de *locomotive superintendent* dans lesquelles il se distingua par la hardiesse et l'originalité de ses conceptions. La voie large du Great Western lui fournissait des facilités particulières et il sut en profiter pour établir des machines dont les résultats n'ont jamais été dépassés et qui sont restées sans modifications jusqu'à une date très rapprochée de nous. Une grande partie de la réputation acquise par le Great Western était due aux admirables locomotives qui réalisaient des vitesses qu'on n'eût jamais osé concevoir à l'origine.

L'*Iron Duke*, par exemple, eut à son époque une renommée qui s'étendit même en dehors du monde technique, et fit de cette machine célèbre la personnification de l'engin de traction le plus sûr et le plus rapide. Au plus fort de la lutte entre la voie étroite et la voie large, le public s'intéressait aux moindres détails de la question des chemins de fer à un dégré qu'on aurait de la peine à concevoir aujourd'hui. Les succès et les échecs étaient enregistrés soigneusement et mis au compte de qui il appartenait et les Ingénieurs de traction avaient autre chose à faire que de surveiller tranquillement la marche de leur service.

C'est sur eux que reposaient en grande partie les intérêts de chaque camp et, si la victoire est finalement restée à la voie étroite, on doit reconnaitre que la question eût été résolue bien plus tôt sans les splendides résultats donnés par les locomotives de M. Gooch.

Si, sortant des généralités, on aborde les détails de la question, on trouve de nombreuses traces de l'intervention de l'Ingénieur dont nous nous occupons. La coulisse fixe qui porte son nom fut imaginée par lui en 1843 et appliquée sur la machine *Great Britain*.

Il fut le premier, avec M. Mac Naught, à disposer un indicateur pour

relever des diagrammes sur les locomotives. Dans l'indicateur de Gooch, le papier continu se déroule toujours dans le même sens et on peut obtenir des diagrammes successifs correspondant à un nombre quelconque de coups de piston.

Ce sont peut-être les expériences sur la résistance des trains qui ont donné le plus de notoriété au nom de Gooch. Il établit, pour ses recherches dans cet ordre d'idées, un wagon dynamomètre avec lequel les efforts de traction se trouvaient enregistrés à une grande échelle sur un rouleau de papier. Le ressort du dynamomètre avait 2,25 *m* de longueur et consistait en cinq feuilles à épaisseur décroissante, écartées de 12 *mm* au milieu et munies, à leurs extrémités, de petits rouleaux. Ce ressort portait un crayon qui traçait une empreinte sur un papier mis en mouvement par une roue en contact avec le rail, laquelle roue faisait, en outre, une marque à chaque dixième de mille parcouru. Un chronomètre permettait d'apprécier les cinquièmes de seconde; enfin, un appareil spécial placé sur le wagon marquait la force et la direction du vent. Les expériences étaient faites sur un mille de voie, en alignement droit et parfaitement horizontal. Les véhicules étaient pris au hasard dans le matériel roulant et chargés avec un lest représentant le poids des voyageurs. Les essais duraient plusieurs jours et étaient complétés par d'autres exécutés sur la rampe de Brimscombe avec des trains de différente nature et à diverses vitesses. Les résultats ont donné lieu à l'établissement de formules qui ont été universellement acceptées et employées pour calculer la résistance des trains, pendant une assez longue période; on peut même dire que leur usage n'a jamais été abandonné en Angleterre.

Un compte rendu de ces expériences a été donné dans un mémoire présenté en 1848, par M. Gooch, à l'*Institution of Civil Engineers*. Il est à remarquer que les publications de l'*Institution* n'ont jamais donné qu'un résumé très court de ce travail, pour la raison, indiquée dans une note hors texte, que le mémoire avait été publié ailleurs avant d'être présenté à l'*Institution*, chose contraire aux statuts. Le mémoire complet avait paru dans le journal le *Morning Herald*, fait qui indique suffisamment combien la masse du public s'intéressait à cette époque aux questions de chemins de fer. A l'*Institution of Civil Engineers*, la discussion occupa deux séances et fut très chaude. L'esprit de parti s'en mêla et on accusa M. Gooch d'avoir fait ses expériences avec le but préconçu de démontrer la supériorité de la voie large et, dès lors, de n'avoir pas opéré avec la plus parfaite impartialité scientifique. Il faut dire qu'à l'époque, rien de ce qui se faisait sur le Great Western ne trouvait grâce devant les partisans de la voie étroite.

Après avoir rempli, pendant vingt-sept ans, la charge de *locomotive superintendent*, M. Gooch résigna ses fonctions en 1864, pour se consacrer à la pose d'un câble sous-marin entre l'Angleterre et l'Amérique; depuis cette époque, il resta toujours lié aux questions de câbles transatlantiques. Ce fut lui qui expédia la première dépêche qui ait franchi l'Atlantique, et le succès de l'entreprise lui valut la dignité de baronnet. Jusqu'à sa mort, il resta président de la *Telegraph Construction and Maintenance*

Company et administrateur de plusieurs autres sociétés s'occupant de cette industrie.

M. Gooch n'était pas seulement un Ingénieur, mais encore un homme d'affaires de premier ordre. Après une absence d'un an à peine, il fut rappelé dans l'administration du Great Western ; seulement ce ne fut plus pour être à la tête d'un département technique, mais bien pour diriger complètement les affaires de la Compagnie en qualité de président.

Ce n'était point une sinécure; la situation était grave, les actions étaient à 38 1/2, les créanciers réclamaient leur règlement de telle manière qu'on croyait voir le spectre de la banqueroute s'asseoir à la table du Conseil à chaque réunion de celui-ci. Ce fut l'émission à un taux très modéré d'obligations 6 0/0 qui permit de franchir ce cap redoutable jusqu'à ce que des temps meilleurs et des réformes dans la conduite de l'affaire eussent ramené le calme. Sir Daniel Gooch avait confiance dans l'avenir de son chemin de fer et il se sentait capable de le conduire à un haut degré de prospérité. Le tunnel de la Severn était son projet favori et un de ceux qu'il suivait avec le plus d'ardeur. Aussi, l'achèvement de ce grand travail d'art fut-il, pour ainsi dire, le couronnement d'une carrière à peu près entièrement consacrée aux intérêts des chemins de fer.

Gooch avait été un des promoteurs du navire monstre le *Great Eastern:* lors des difficultés qui signalèrent à peu près toute la carrière de celui-ci. il contribua largement à l'emprunt de deux et demi millions de francs fait pour fournir au *Great Eastern* une nouvelle chance. Lorsque le navire fut acheté pour la pose du câble transatlantique, moyennant la somme dérisoire de 625 000 *f*, Gooch devint un des copropriétaires et il n'eut qu'à s'en applaudir, car pendant les quelques années que le *Great Eastern* fut engagé dans le service de la pose des câbles, il a payé régulièrement 20 0/0 par an sur les sommes engagées sur lui.

Sir Daniel Gooch fut pendant vingt ans membre du Parlement pour Cricklade; il était député-lieutenant du Wiltshire, sans compter quantité d'autres dignités. Il fut marié deux fois et laissa plusieurs enfants, dont un fils, Henry-Daniel, né en 1841, qui succède à la dignité de baronnet.

(Engineering.)

Extraction de l'aluminium. — A la dernière réunion de l'Association Britannique, à Newcastle, au mois de septembre dernier, il a été présenté deux mémoires sur l'aluminium. Le premier lu à M. J. Dagger et intitulé « Extraction de l'aluminium », est relatif au procédé Cowles et donne des détails sur l'usine de la Compagnie Cowles établie en Angleterre, à Milton, et pour laquelle MM. Crompton ont construit une dynamo colossale, produisant 1 040 *kg* de bronze d'aluminium à 10 0/0 de ce métal et 815 *kg* de ferro-aluminium à 10 0/0, ce qui représente un total de 185,5 *kg* d'aluminium pur, le tout par vingt-quatre heures.

Le bronze d'aluminium a une résistance considérable à la traction; une barre de cet alliage à 10 0/0 a nécessité pour sa rupture un effort de 90 *kg* par millimètre carré; un échantillon à 7,5 0/0, essayé par le professeur Unwin, a donné 58 *kg*. Pour la résistance à la compression.

ce bronze vaut le meilleur acier, et sa résistance transversale ou rigidite est quarante fois celle du laiton. On peut travailler cet alliage à chaud, comme le fer, et il donne d'excellents résultats dans la fabrication des ailes d'hélices et des étambots de navires.

Au-dessus de la proportion de 11 0/0 d'aluminium, le bronze devient cassant. L'addition de faibles quantités d'aluminium abaisse le point de fusion du fer et on utilise cette propriété remarquable dans la fabrication du métal Mitis (voir Chronique de décembre 1886), métal remarquable par sa résistance considérable à la traction. Le bronze au silicium, également produit dans le four électrique, est employé pour les fils destinés à transmettre des courants électriques.

Le second mémoire, intitulé *Extraction de l'aluminium de la cryolithe*, est dû au professeur Bedson, lequel avait organisé une visite très intéressante à l'usine de l'*Alliance Aluminium Company*, à Wallsend, où le Dr Netto, un des inventeurs du procédé, a montré la fabrication. L'usine produit du sodium et de l'aluminium. Le sodium est obtenu par la réduction de la soude caustique en présence du charbon. La soude en fusion est amenée au contact du charbon chauffé au rouge sombre dans des cornues en fonte. La réaction donne naissance à de la soude hydratée, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et du sodium ; en outre, du carbonate de soude. Les produits volatils sortent par le col de la cornue et traversent un tube de fer aplati refroidi extérieurement par l'air ambiant. Le sodium se condense et se réunit dans un récipient; on le refond ensuite dans des creusets en fer et on le coule en bâtons cylindriques qu'on conserve dans des boites d'étain avec le couvercle soudé, pour le préserver du contact de l'air.

Les gaz combustibles, hydrogène et oxyde de carbone, brûlent à l'extrémité du tube avec une flamme dont la coloration en jaune est due à la présence de vapeurs de sodium. Il y a naturellement, dans cette opération, une perte considérable de sodium, et cette manière d'opérer présente également certains dangers, le mélange d'air et de vapeurs de sodium étant très explosif.

Les résidus de soude caustique et de carbonate de soude restent au fond de la cornue, d'où on les retire de temps en temps.

La seconde phase de la fabrication de l'aluminium est la réduction de la cryolithe, qui est un fluorure double de sodium et d'aluminium. La cryolithe, mélangée avec du sel marin, est fondue dans un four à réverbère. Dès que la matière est tout à fait liquide, on la coule dans un convertisseur en fer et on y ajoute une masse de sodium pesant 2 1/2 *kg* environ ; on remue vigoureusement le mélange avec un agitateur manœuvré par deux hommes. La réaction est moins violente qu'on ne serait tenté de le croire ; toutefois, les hommes doivent être protégés par des masques et des gants. Les produits de la réaction sont du fluorure de sodium et de l'aluminium contenant 10 0/0 d'impuretés, telles que du fer et du silicium provenant de la cryolithe. Le résidu de l'opération, qui contient encore de l'aluminium, est traité de nouveau par le sodium et donne une petite quantité d'aluminium plus pur que le premier, composée d'un bouton métallique et d'aluminium en poudre. Ce dernier est traité par le cuivre, pour faire du bronze d'aluminium.

On peut obtenir un métal plus pur en employant de la cryolithe moins mélangée que la cryolithe ordinaire, qui contient du fer spathique en petits cristaux.

M. Ludwig Grahan, de Hanovre, a récemment proposé de modifier ce procédé en ajoutant du sulfate d'alumine mélangé de spath fluor en poudre. Les produits obtenus sont du sulfate de chaux et un corps de la composition Al_2 SO_4 Fl_4, qu'on sépare par filtration et auquel on ajoute de la cryolithe. Le mélange est séché et chauffé au rouge ; en le lessivant, on obtient du fluorure d'aluminium brut, qui, chauffé avec du sodium, donne de l'aluminium métallique et une cryolithe artificielle dont le prix est très faible. Ce procédé est intéressant, parce qu'il permet à la fabrication de l'aluminium de se passer de la cryolithe naturelle, qu'on ne trouve guère qu'au Groenland.

Coulée des lingots d'acier. — Dans une communication faite à l'*American Society of Mechanical Engineers*, dont nous trouvons un résumé dans les extraits de mémoires étrangers, annexés aux publications de l'*Institution of Civil Engineers*, M. T. S. Crane a décrit un procédé appliqué aux États-Unis pour obtenir des lingots d'acier parfaitement sains et exempts de soufflures.

On connait le procédé de compression de l'acier fluide de Whitworth, ainsi qu'une modification de ce procédé, due à MM. Billings et Hinsdale, laquelle consiste à disposer le moule ou lingotière avec un plongeur intérieur, dont le déplacement aspire, pour ainsi dire, le métal, le retrait étant fourni par l'acier restant dans le réservoir. En exerçant ensuite, au moyen du plongeur, une pression de **42** *kg* par millimètre carré, on obtient, sur un lingot de 150 *kg*, un raccourcissement de **74** *mm*. Les résultats n'ont pas été tout à fait satisfaisants, car les lingots présentaient encore des fissures au sommet.

On modifia le procédé en plaçant à la partie supérieure du moule un bouchon perforé pour la sortie des gaz. Lorsqu'on appliquait la pression, le métal sortait violemment avec les gaz et formait un prolongement de 50 à 75 *mm* de longueur.

Bien que les lingots obtenus ainsi fussent parfaitement sains, la dépense et les difficultés étaient assez grandes pour empêcher ce procédé de se répandre dans la pratique.

Un système, introduit depuis par M. R. D. Boulton, de Jersey City, est depuis deux ans employé avec succès. Il consiste à se servir de moules sans fond superposés les uns au-dessus des autres, dans lesquels la coulée se fait successivement, le retrait étant fourni par le métal du moule supérieur. On obtient ainsi une série de lingots absolument sains et qu'un tour de main permet de séparer très facilement. A cet effet, on place entre les moules voisins un disque de carton d'amiante percé de trous, de sorte que la barre présente ainsi une série de sections faibles faciles à rompre.

L'appareil comprend deux montants en forme de double T, entre lesquels sont maintenus les moules, qui peuvent se déplacer verticalement; ces moules sont maintenus par une traverse ayant à chaque extrémité un plongeur de presse hydraulique qui agit sur eux par le moyen de

cliquets s'engageant dans des coches pratiquées sur leurs parois latérales.

Il y a quatres moules ainsi superposés.

A la partie inférieure, se trouve une presse hydraulique horizontale, dont le plongeur porte une cavité verticale ayant la forme du moule et disposée au centre de l'entre-axe des montants, lorsque le plongeur est à mi-course, celui-ci pouvant être déplacé dans un sens et dans l'autre, sous l'action de la pression de l'eau.

Ceci posé, voici comment on opère :

Le premier moule celui-ci muni d'un fond, est introduit par le haut entre les montants, et lorsqu'il est rempli, il est descendu d'un cran et on lui superpose un second moule, celui-ci sans fond, qu'on remplit également, puis un troisième, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le moule inférieur se trouve contenu dans la cavité du piston de la presse hydraulique horizontale; un déplacement de ce piston sépare le premier lingot, qui tombe en dessous avec le moule; le suivant vient ensuite, et chacun est ainsi séparé de celui qui est au-dessus.

Lorsque l'appareil est placé à une hauteur telle que les lingots puissent être emmenés directement aux machines qui doivent les travailler, il n'est pas besoin d'autre chose; sinon, on emploie un élévateur hydraulique disposé généralement en forme de plan incliné, le bas placé près de la presse hydraulique horizontale et recevant directement le moule sur un support rachetant l'inclinaison; un piston, également mû par l'eau sous pression, pousse ces moules un à un jusqu'à la partie supérieure, au niveau du sol de l'atelier, le bas de l'appareil étant supposé dans une fosse de coulée.

Ce système, très ingénieusement disposé, permet de couler très régulièrement un lingot par minute ; il est employé depuis la fin de l'année 1887 dans les aciéries de West Bergen (New Jersey), appartenant à MM. Spaulding et Jennings.

Les machines fixes à l'Exposition universelle de 1889. — Dans la chronique d'octobre, page 529, se trouve la phrase suivante, relative à la machine exposée par M. Berger-André, de Thann (Alsace): Ce constructeur a « une paire de machines compound dans laquelle le mécanisme à déclic actionne les distributeurs d'admission seuls, tandis que ceux d'échappement, au lieu d'être commandés aussi par le plateau oscillant, le sont par des arbres portés par le bâtis ».

M. Berger-André, dans une lettre adressée à la Société, réclame contre cette description de la distribution de sa machine, qu'il trouve complètement fausse. Bien que l'inexactitude dont il se plaint ne provienne pas de notre fait et doive remonter à l'*Engineering*, dont nous n'avons fait que résumer l'article, pour être agréable à notre collègue, nous remplacerons le passage incriminé par le suivant, reproduit textuellement d'une brochure adressée à la Société par M. Berger-André : « Les obturateurs d'admission et d'évacuation du petit cylindre sont actionnés par un système de bielles recevant le mouvement par un excentrique unique. La durée de l'admission est réglée par le régulateur agissant sur un déclic. Le grand cylindre est muni aussi de tiroirs circulaires et dont les obtu-

rateurs d'admission sont actionnés par un excentrique spécial dont la position règle la détente. Un second excentrique actionne les obturateurs d'échappement. »

Origine de la machine compound. — A l'occasion de la note portant ce titre, contenue dans la Chronique d'octobre dernier, page 534, nous avons reçu divers documents relatifs à cette question et présentant un grand intérêt. Comme la présente Chronique était déjà à la composition lorsqu'ils nous sont parvenus, nous les donnerons dans le Bulletin de décembre.

COMPTES RENDUS

SOCIETÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1889

Rapport de M. le colonel Goulier sur une **mire pliante** de M. H. Bentabol.

Le point le plus original de cette mire, due à M. Bentabol, Ingénieur des Mines, à Madrid, et ce qui la distingue des instruments ayant même destination, est sa décomposition en quatre morceaux, longs chacun de 1 *m* et qui, pour les transports, peuvent être superposés de telle sorte que la longueur de la mire soit réduite à 1 *m*. Ces pièces sont assemblées par des charnières et, lorsqu'on veut redresser la mire pour s'en servir, des règles métalliques, engagées dans des coulisses, maintiennent les pièces dans le prolongement l'une de l'autre.

Cet appareil est très intelligemment combiné, mais l'expérience seule indiquera s'il est assez robuste pour subir l'épreuve de la pratique, et si ses avantages peuvent compenser l'inconvénient d'un poids et d'un volume plus considérable que ceux d'autres mires en usage.

Rapport de M. Redier sur le **contrôleur de rondes** de MM. Trenta frères.

Le contrôleur de rondes de MM. Trenta frères se compose d'un appareil central muni d'une horloge marchant huit jours et chargée de la distribution des cartes de contrôle qui seront poinçonnées par le surveillant suivant une marche indiquée.

L'appareil porte-cartes reçoit avant la nuit un nombre de cartes égal à celui des rondes à faire. Puis l'appareil est fermé. Le surveillant doit attendre que sa carte tombe pour la prendre, et une piqûre indique à quelle heure il l'a prise. Muni de sa carte, il passe devant chacun des postes et fait frapper sur la carte une marque différente pour chaque poste, de façon qu'on puisse vérifier si le parcours a été complètement suivi et dans quel ordre il l'a été. La ronde terminée, la carte est remise dans un autre compartiment de l'appareil central et une piqûre faite par l'horloge indique à quelle heure s'est faite cette remise.

Toutes ces opérations compliquées ont été édifiées d'une façon simple et solide et quelques détails sont entièrement neufs et très ingénieux.

Dans une description détaillée, annexée au rapport, il est fait remarquer que l'emploi de cartes pour marquer les rondes a l'avantage, entre autres, de permettre au gardien de noter sur la carte même les obser-

vations courantes ou extraordinaires qu'il peut être appelé à faire pendant sa ronde. Si, par exemple, quelque circonstance l'a mis en retard ou l'a empêché de marquer son passage à un poste, il en fait mention sur la carte dont il est porteur avant de la remettre dans l'appareil central. Les cartes sont à peu près de la grandeur d'une carte à jouer et peuvent recevoir un nombre d'empreintes correspondant à 48 postes.

Notice sur M. Boitel par M. Paillieux, membre du Conseil.

Sur la **synchronisation des horloges de précision** et sur la distribution de l'heure, par M. A. Cornu, membre de l'Institut.

L'éclairage par la Compagnie Edison à Paris (Traduit du journal *Engineering*).

Les alliages de nickel et d'acier, par M. J. Riley (Traduit du journal *Engineering*).

Il s'agit d'essais sur les qualités et la résistance d'alliages de nickel et d'acier contenant respectivement 3, 5 et 25 0/0 de nickel qu'on peut produire dans des proportions exactes aussi bien dans des creusets que sur sole.

Ce sont les alliages au-dessous de 5 0/0 de nickel qui paraissent appelés à rendre le plus de services. On les emploiera avec avantage pour les pièces de forge des machines, arbres, etc., et pour les tôles des chaudières à pression élevée, en obtenant une réduction notable de poids et de dimensions.

On conçoit que la possibilité de se servir, pour les ponts et travaux d'art, d'un métal ayant 62 *kg* d'effort de rupture et 43 *kg* de limite d'élasticité, au lieu de 46 et 26 pour l'acier ou 34 et 23 pour le fer, offre pour l'Ingénieur de précieuses ressources.

Dernière application des dérivés du naphte aux moteurs (Traduit du *Zapiski* et de l'*Institute of Naval Architects*).

Cette note se compose de deux parties traduites chacune d'une des deux publications indiquées ci-dessus. La première est relative à un moteur de M. Emile Capitaine, où le gaz est remplacé par un mélange d'air et de vapeur de kerosène. L'inventeur, par des dispositions ingénieuses, a pu faire fonctionner ces moteurs à des vitesses allant à 800 et 1 000 tours par minute; ils deviennent dès lors très utiles pour la petite industrie. Ainsi une machine à cylindre de 100 *mm* de diamètre et 90 de course marchant à 600 tours, développe 1,5 cheval-vapeur. Son poids n'est que de 75 *kg* et la dépense d'huile de 0,6 *l* par heure et par cheval.

La seconde partie est l'application des essences dérivées du naphte aux moteurs des embarcations, application déjà souvent décrite. (Voir Chroniques de mai 1888, page 680, et d'août 1888, page 348.)

Sur la peinture de la Tour Eiffel. — L'entreprise de la peinture de la Tour a été concédée à la Société anonyme des Gommes nouvelles et Vernis, à Saint-Denis.

La surface à peindre a été de 125 000 m^2, et chacune des trois couches n'a pas exigé moins de 10 000 *kg* de peinture.

Pour donner à l'ensemble un effet plus agréable, ou s'est servi, aux diverses hauteurs, de peintures de tonalités différentes. Ainsi, du pied à la première plate-forme, les fers sont peints en couleur ton bronze Barbedienne foncé, tirant un peu sur le rouge. De la première plate-forme à la seconde, la teinte est la même, mais plus claire ; de là, enfin, jusqu'au sommet, se succèdent trois teintes graduées de moins en moins foncées, de façon que la coupole soit presque jaune d'or.

Des trois couches de peinture, les deux premières sont faites de peinture ordinaire, la troisième est composée d'une peinture dite vernissée que prépare la Société des Gommes nouvelles et Vernis.

Falsification du saindoux par l'huile de graines de coton, par William (traduit du *Chemische Industrie*).

Carbonisation des tissus servant à produire des empreintes, par Oesterbridge (traduit du *Chemische technische Zeitung*).

Les tissus naturels ou fabriqués sont recouverts d'une couche mince de charbon en poudre et chauffés an rouge en vase clos avec certaines précautions. Le produit obtenu est devenu comme du graphite ; on le place au fond d'un moule et on peut couler dessus même de la fonte en fusion ; les empreintes qu'on obtient ainsi servent à estamper des dessins sur la peau, le bois ou le métal.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1889.

Notice sur **les principaux travaux de consolidation et de drainage** exécutés sur la ligne de Rodez à Millau, par M. Barrand, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La ligne de Rodez à Millau, dans le parcours de la vallée du Tarn et principalement lorsque le tracé est à flanc de coteau, a rencontré, pour son établissement, de grandes difficultés par suite de la nature des terrains rencontrés.

Ces terrains comportent, au-dessous des calcaires stratifiés composant la couche oolithique, l'étage du lias constitué par des marnes qui se désagrègent très facilement sous l'action des agents atmosphériques. La réduction en poussière ou en boue de ces marnes amène l'isolement et la chute des couches calcaires supérieures. Ces effets se traduisent par des fissures, des boursouflements et même des glissements de terrains quelquefois très considérables, sans parler des écroulements qui atteignent également des proportions importantes.

Le mémoire décrit les travaux de consolidation effectués dans la tranchée de Saguas, au remblai des Quezacs, au remblai de Layrette, à celui de Boulsios, à la tranchée de la station d'Aguessac et enfin à la tranchée de la Plante, sur la ligne de l'Hôpital-du-Grosbois, à Lods.

Ces travaux consistent dans la construction d'éperons, de murs de soutènement et de galeries d'isolement avec drainage, le tout dans des conditions variables avec les cas. On peut dire que le succès peut être considéré comme acquis, car certains de ces travaux de consolidation sont achevés depuis dix ans.

Note sur une **explosion de 22 chaudières à vapeur aux hauts fourneaux de Friedenshütte,** par M. Olry, Ingénieur en chef des mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* (Voir comptes rendus d'août 1889, page 233, et aussi Chronique de juin 1888. page 791).

Note sur une **formule simple** donnant de suite le **moment fléchissant maximum dû au passage de deux voitures sur une entretoise ou une poutrelle,** par M. Heude, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Un pont doit être construit pour deux voies et chaque roue des deux voitures doit supporter un poids P; on cherche sur l'entretoise le moment fléchissant dû aux quatre poids P. Si on appelle e la distance d'axe en axe des deux roues des voitures qui se croisent, d l'écartement des roues de chaque voiture, a la demi-longueur de la poutre qui repose sur deux appuis fixes, x la distance du milieu de la poutre à l'axe de la roue la plus rapprochée, on trouve pour le moment maximum, en faisant $x = \frac{e}{4}$:

$$(1) \qquad X_1 = \frac{P}{a}\left(\frac{e^2}{8} + a\,[2a - e - d]\right).$$

On peut simplifier cette formule en admettant que le maximum a lieu lorsque les deux voitures sont placées symétriquement par rapport au milieu de la portée et on arrive à la forme :

$$(2) \qquad X_2 = P\,(2a - e - d),$$

qui ne donne avec la précédente qu'une différence tout à fait insignifiante.

Si l'on remarque enfin que le maximum d'effort est atteint lorsque les voitures sont aussi rapprochées que possible et que l'écartement de leurs roues est aussi petit que possible, on est conduit, pour avoir un maximum, à donner à e la valeur 0,50 et à d la valeur 1,50; par suite, pour une poutrelle dont la longueur est L et deux voitures pesant chacune 2 P, le moment fléchissant maximum est donné avec une approximation bien suffisante par la formule :

$$(3) \qquad X_3 = P\,(L - 2^m),$$

qui est excessivement simple et qui peut économiser bien du temps à ceux qui ont à faire des calculs de ponts.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 5 octobre 1889.

Étude de M. J. Schrœder van der Kolk sur les nouvelles méthodes de calcul des fermes en treillis à grandes mailles et leur influence sur la construction.

L'auteur donne d'importants développements sur l'influence des tensions secondaires, conséquence de la construction rigide des points d'assemblage; il conclut que le système qui permet de tenir le mieux compte de ces tensions est le système de fermes à diagonales croisées.

Livraison du 1er novembre 1889.

Compte rendu de la séance du 6 septembre 1889. — Communication d'un rapport de M. de Ryke sur l'amélioration du port de Yokohama, au Japon.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

N° 43. — *26 octobre 1889.*

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(suite)*.

Nouvelles distributions pour machines marines, par G. Fraenzel *(suite)*.

Installation d'éclairage électrique des magasins de Rudolph Hertzog, à Berlin, par A. Schmid.

Patentes.

Bibliographie. — Construction et conduite des locomobiles, par O. von Taborsky.

Correspondance. — Embrayages pour arbres et engrenages. — Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin en 1889. — Machines à vapeur.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

30e Assemblée générale de l'Association, à Carlsruhe, les 5, 6 et 7 août 1889 *(suite)*.

N° 44. — *2 novembre 1889*.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction des ponts métalliques, par G. Barkhausen *(suite)*.

Nouvelles distributions pour machines marines, par G. Fraenzel *(fin)*.

Exposition générale allemande d'appareils pour la prévention des accidents, à Berlin en 1889. — Appareils pour la petite industrie, par M. Rudeloff.

Nouveau distillateur pour machines marines à triple expansion, par C. Busley.

Patentes.

Bibliographie. — Tables pour la construction des machines, par L. Moll et E. Arnold.

Correspondance. — Conducteurs électriques. — Avenir des machines à vapeur à grande vitesse.

30e Assemblée générale de l'Association, à Carlsruhe, les 5, 6 et 7 août 1889 *(fin)*.

N° 45. — 9 *novembre* 1889.

Expériences sur une machine Corliss à cylindre unique, par R. Dœrfel.

Embrayages pour arbres et engrenages, par Ad. Ernst *(fin)*.

Nouvelle chaudière marine à eau dans les tubes.

Groupe du Rhin inférieur. — Exposition universelle de Paris. — Projet d'aménagement du port de Dusseldorf.

Patentes.

Bibliographie. — L'intégraphe. — Les courbes intégrales et leurs applications, par Br. Abdank-Abakonowicz, traduction allemande de E. Bitterli.

Correspondance. — Chaudière tubulaire à circulation d'eau.

N° 46. — 16 *novembre* 1889.

Expériences sur une machine Corliss à cylindre unique, par R. Dœrfel *(suite)*.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction des ponts métalliques, par G. Barkhausen *((suite)*.

Nouvelle chaudière marine à eau dans les tubes *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Vérification des ressorts d'indicateurs et de manomètres.

Groupe de Cologne. — Emploi des enveloppes de vapeur sur les machines à vapeur fixes.

Patentes.

N° 47. — 23 *novembre* 1889.

Expériences sur une machine Corliss à cylindre unique, par R. Dœrfel *(fin)*.

Progrès réalisés dans les derniers temps dans la construction des ponts métalliques, par G. Barkhausen *(fin)*.

Exposition générale allemande d'appareils pour la préservation des accidents, à Berlin en 1889. — Science des matériaux, par M. Rudeloff.

Groupe de Magdebourg. — Procédé de congélation de Pœtsch. — Observations sur la marche des appareils centrifuges. — Service des patentes d'invention.

Patentes.

Bibliographie. — Les mathématiques, le porte-flambeau d'une nouvelle époque, par C. Dillmann.

BIBLIOGRAPHIE

Nouvelles machines marines des bâtiments à grande vitesse, des torpilleurs et des embarcations à vapeur, par Maurice DEMOULIN, Ingénieur des Arts et Manufactures. — Paris, E. Bernard et Cie, éditeurs. Un volume de texte et un atlas de planches.

Dans l'ouvrage que nous présentons à nos collègues, l'auteur s'est proposé de faire une étude spéciale des perfectionnements réalisés récemment dans la construction des machines marines et de faire connaître la situation actuelle de cette branche de la mécanique. Il fait observer avec juste raison, au début de son livre, que l'étude de cette question présente de l'intérêt pour bien d'autres personnes que celles qui s'en occupent directement, car les progrès réalisés dans les machines marines ont exercé une influence considérable sur les branches parallèles de la mécanique. Pour n'en citer qu'un exemple, il est certain que la généralisation de l'emploi du principe compound a été amenée par la constatation des avantages qu'il a réalisés dans la navigation à vapeur.

On sait que, depuis vingt-cinq ans, cette industrie a subi une révolution complète, due notamment à trois progrès qui se sont mutuellement complétés et justifiés : la condensation par surface, l'emploi des pressions élevées que la première a permis de réaliser, et la détente en cylindres successifs nécessaire pour tirer un parti avantageux des précédentes. Il serait injuste d'oublier l'emploi beaucoup plus ancien de l'hélice qui, entre autres avantages, a eu celui de contribuer puissamment à l'allégement des appareils moteurs par l'accroissement des vitesses de rotation qu'il a entraîné, mais cette question rentre dans un ordre d'idées qui ne saurait trouver place ici.

Les progrès que nous venons de signaler se sont traduits matériellement par des avantages que M. Demoulin divise comme suit :

1° Réalisation pratique de puissances considérables;
2° Economie de combustible;
3° Diminution du poids des appareils moteurs par cheval indiqué;
4° Perfectionnements de détails et de construction.

Sans entrer dans aucun détail, il nous suffira d'indiquer, à titre de justification de ces propositions, que la puissance des machines atteint aujourd'hui 15 000 et 20 000 chevaux, que la consommation s'est abaissée dans certains cas à 0,800 *kg* et même 0,750 *kg* par heure et par cheval indiqué en service courant, et enfin qu'on arrive pratiquement à obtenir un cheval indiqué avec un poids de 100 à 200 *kg* pour les machines et chaudières, eau comprise, poids qui, pour des appareils où la légèreté est recherchée par tous les moyens et que le grand nombre de tours de l'arbre met dans des conditions particulièrement favorables, s'abaisse au taux presque incroyable de 30 à 40 *kg*.

L'ouvrage de M. Demoulin est divisé en quatre parties. L'auteur a basé sa classification sur le service qu'ont à faire les appareils moteurs.

Ainsi la première partie se trouve consacrée aux machines des paquebots à hélice, étant entendu qu'il est question principalement des grands navires transatlantiques construits depuis 1880. Ces machines présentent très peu de variétés; toujours verticales et avec cylindres à la partie supérieure, du genre dit *à pilon*, elles appartiennent au type à trois cylindres, un petit et deux grands, ou au type tandem à deux ou trois manivelles fonctionnant l'un et l'autre à double ou à triple expansion. Il est facile de comprendre que le type compound primitif à deux cylindres ne peut trouver place sur des navires de très grande puissance où il faudrait avec un grand cylindre unique lui donner des dimensions inadmissibles. Certaines machines ont déjà actuellement pour la basse pression des cylindres doubles de 2,54 *m* et même de 2,667 comme sur l'*Umbria* et l'*Etruria*, ce qui correspondrait dans ce dernier cas à un cylindre unique de 3,75 *m* de diamètre. On trouvera dans cette partie des renseignements très précieux sur les proportions générales des diverses parties des machines, sur les détails de construction, etc., questions que l'auteur a pu traiter avec compétence, ayant passé par la pratique des grands ateliers.

Un chapitre que nous croyons devoir signaler à l'attention est consacré aux nouvelles distributions. On sait en effet que le système classique de changement de marche par coulisse, qui avait remplacé tous les autres pour les machines marines, a vu surgir, depuis une dizaine d'années, des concurrents appartenant presque tous au type dit radial, dont l'origine généralement peu connue est aussi ancienne que celle de la coulisse de Stéphenson. (Voir chroniques d'août, septembre et octobre 1886.) L'emploi de ces distributions présente dans certains cas un avantage réel provenant de ce qu'il permet de placer les tiroirs sur le côté des cylindres et n'oblige plus à les mettre dans le même plan longitudinal que ceux-ci, ce qui augmenterait considérablement l'espace occupé en longueur par les machines, surtout avec trois cylindres à côté les uns des autres.

La deuxième partie décrit les machines de quelques paquebots à roues de grande puissance. Nous avons donné des détails sommaires sur quelques-unes de ces machines dans la Chronique de juillet 1887, ce qui nous dispense d'insister sur ce point.

La troisième partie, assez courte d'ailleurs, concerne les machines des yachts à vapeur, catégorie d'appareils moteurs qui a pris un certain développement depuis quelques années.

La quatrième partie, très développée au contraire, est consacrée aux machines des croiseurs et grands torpilleurs. Une particularité caractéristique de ces machines et qui leur était spéciale il y a peu de temps encore, est l'emploi du tirage forcé qui permet d'augmenter, dans une proportion souvent considérable, la production de vapeur des chaudières à surface de chauffe et poids égaux.

On réalise le tirage forcé par divers moyens dont le plus répandu est l'emploi de chambres de chauffe closes et mises sous une pression de quelques centimètres d'eau par des ventilateurs. On trouvera dans l'ouvrage dont nous nous occupons des renseignements nombreux et détaillés sur les essais faits de divers côtés sur des chaudières fonctionnant à tirage forcé.

Les appareils moteurs des navires de guerre étaient autrefois exclusivement du type horizontal pour pouvoir être logés au-dessous de la flottaison.

Aujourd'hui, avec l'emploi des revêtements cuirassées, on ne craint pas de revenir, dans certains cas, à l'emploi des types verticaux, lesquels présentent les sérieux avantages qui les ont fait adopter d'une manière exclusive dans la marine commerciale.

Un chapitre de cette quatrième partie est consacré à l'étude des appareils de servitude destinés à la mise en mouvement des pompes à air, pompe de circulation, etc., dont la liaison avec les machines principales présente, pour les bâtiments de combat, d'assez graves inconvénients.

Des machines exposées à des arrêts fréquents, avec de courtes périodes de fonctionnement, ont tout avantage à avoir un vide toujours assuré facilitant un départ prompt et sûr. On avait déjà installé, dans le même but, des pompes à air mues par des cylindres à vapeur spéciaux sur les machines du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain construites vers 1845. A côté de cet avantage, on trouve celui de permettre l'usage de pompes verticales dont le fonctionnement est plus sûr que celui des pompes horizontales.

Dans la cinquième et dernière partie, l'auteur décrit les machines de torpilleurs et d'embarcations à grande vitesse.

On considérait, il y a une quinzaine d'années, comme impossible de donner à des coques de faibles dimensions une vitesse un peu considérable, faute de pouvoir y loger des moteurs assez puissants. Les torpilleurs réalisent aujourd'hui des vitesses qu'on eût considérées alors comme fantastiques. Ces résultats ont eu une influence très considérable sur les progrès de la marine à vapeur en général, car c'est sur ce genre de navire qu'ont été inaugurées beaucoup de dispositions nouvelles, telles que les machines à très grande vitesse, les chaudières de locomotives, le tirage forcé en chambres de chauffe closes, etc.

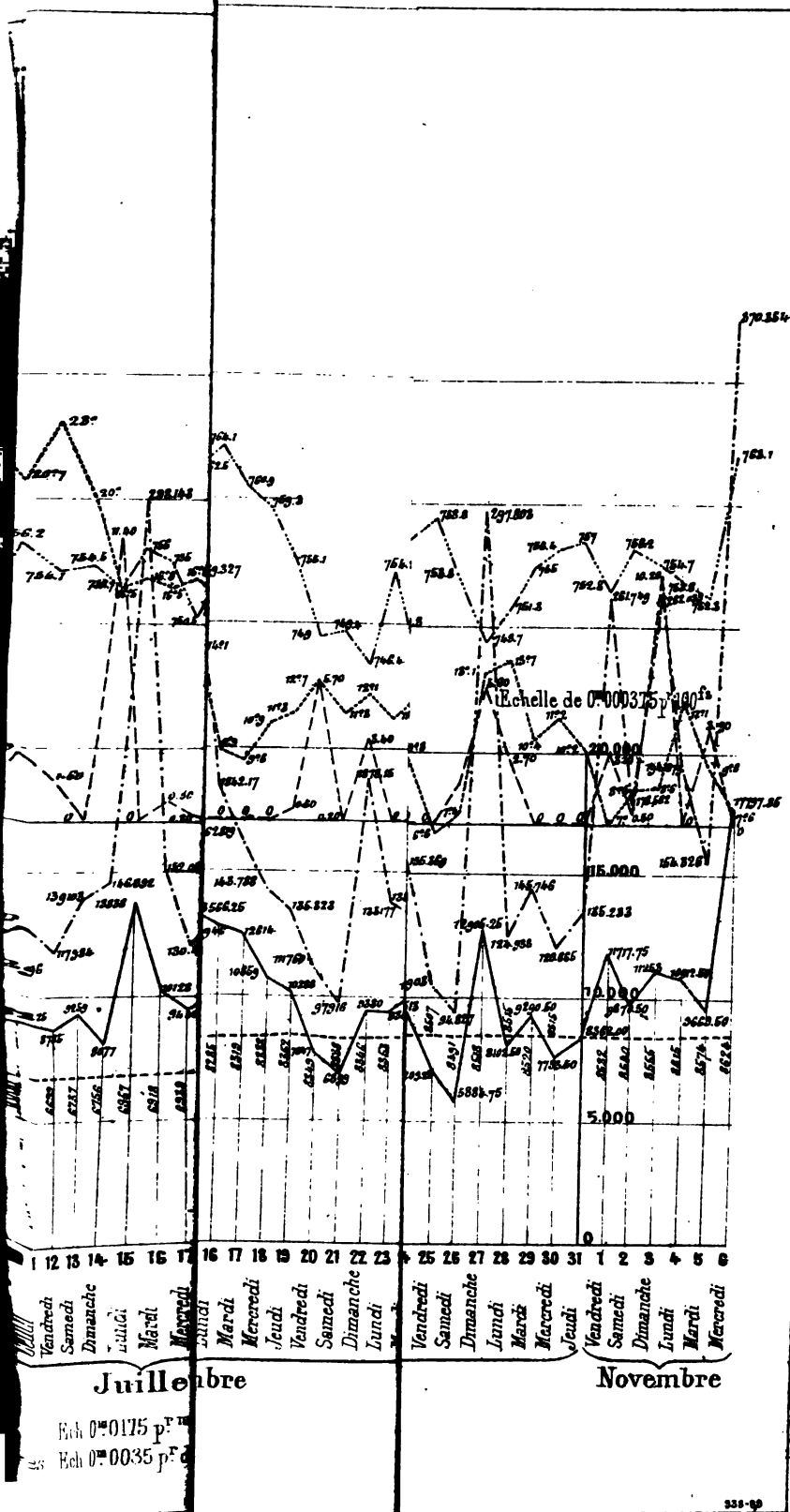
Nous ne saurions entrer dans plus de détails à ce sujet ; mais, pour conclure, nous croyons pouvoir recommander, d'une manière toute spéciale, l'étude de l'ouvrage de notre collègue, non seulement aux Ingénieurs ou constructeurs qui s'occupent de machines marines, mais encore à tous ceux que la question de moteurs puissants et légers peut intéresser, persuadé qu'ils y trouveront à l'occasion des renseignements utiles ou des suggestions dont ils pourront faire leur profit à un moment donné.

Cet ouvrage contient de nombreux tableaux et est complété par un atlas de 55 planches contenant quantité de dessins relatifs aux ensembles et aux détails des machines et chaudières marines.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 27697-11-9.


Echelle de 0m.00375 p. 100fs
15.000
10.000
5.000
0
1 12 13 14 15 16 17 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6
Vendredi Samedi Dimanche Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi Samedi Dimanche Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi Samedi Dimanche Lundi Mardi Mercredi
Juillembre
Novembre
Ech 0m.0175 p. fs
Ech 0m.0035 p. fs

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1889

N° 6

Sommaire des séances du mois de décembre 1889 :

1° *Décès de M. A. Bonnet* (Séance du 6 décembre, page 681).

2° *Notice nécrologique sur M. A. Bonnet*, par M. S. Périssé (Séance du 6 décembre, page 681).

3° *Don de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs* (Séance du 6 décembre, page 682).

4° *Montée par un système funiculaire pour la Cordillère du Chili*, ouvrage de M. T. Agudio, lettre de M. A. Lencauchez (Séance du 6 décembre, page 682).

5° *Congrès colonial national de la Société des études coloniales et maritimes et désignation des délégués de la Société* (Séance du 6 décembre, page 682).

6° *Concours pour la construction d'une gare à Bucharest* (Séance du 6 décembre, page 682).

7° *Gaz à l'eau*, par M. A. Saillard (Séance du 6 décembre, page 682).

8° *Lettres de remerciements de MM. Alphand et G. Berger à l'occasion de leur nomination comme membres honoraires* (Séance du 6 décembre, page 682).

9° *Réception des Ingénieurs étrangers* (Lettres de remerciements). (Séance du 6 janvier, page 683).

10° *Nouvelles formules pratiques pour le calcul des pièces soumises à des efforts de flexion ou de tension (Note de M. L. Rey sur les)*, analyse par M. V. Contamin (Séance du 6 décembre, page 683).

11° *Envoi d'un mémoire de M. L. Rival*, par M. L. Boudenoot (Séance du 6 décembre, page 685).

12° *Nouveau système de crampon à pointes multiples divergentes, de M. Buenaventura Junquera*, par M. G. Lesourd, et observations de MM. E. Badois, E. Polonceau, V. Contamin, G. Eiffel, P. Moncharmont et G. Lesourd (Séance du 6 décembre, page 685).

13° *Outillage des industries textiles à l'Exposition de 1889*, par M. E. Simon (Séance du 6 décembre, page 687).

14° *Album encyclopédique des chemins de fer (Don de la collection de l')*, par M. L. Courtier (Séance du 6 décembre, page 689).

15° *Compte rendu de la situation financière de la Société*, par M. H. Couriot, trésorier (Séance du 20 décembre, page 689).

16° *Election des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1890* (Séance du 20 décembre, page 699).

Pendant le mois de décembre la Société a reçu :

31290 — De M. A. de Lapparent. *L'Exposition de 1889 et les constructions métalliques* (in-8 de 56 pages).

31291 — Du même. *L'Exposition de 1889 et les chemins de fer* (in-8 de 114 pages). Paris, de Soye et fils, 1889.

31292 — De M. J. de Schryver (M. de la S.). Les deux brochures qui étaient exposées dans la salle de travail au Palais des machines.

31293 et 31294 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders de Venlo n° 2.*

31295 — De M. A. Béthouart (M. de la S.). La brochure qui était exposée dans la salle de travail au Palais des machines.

31296 à 31310 — De M. P. Marguerite-Delacharlonny (M. de la S.). Les quinze volumes ou brochures qui étaient exposées dans la salle de travail au Palais des machines.

31311 — De M. Schmidt (M. de la S.). *Notice sur la distribution d'eau de Porto* (in-4 de 35 pages avec planches). Paris, Semichon, 1889.

31312 — De M. A. Bandsept (M. de la S.). *Le phénomène du disque de Reese* (in-8 de 8 pages). 1885.

31313 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Compteur totalisateur à deux roulettes et à mouvement différentiel* (in-8 de 8 pages). Paris, Chaix, 1889.

31314 — De M. E. Furno (M. de la S.). Le volume qui était exposé dans la salle de travail au Palais des machines.

31315 — De M. H. Letaud (M. de la S.). L'album qui était exposé dans la salle de travail au Palais des machines.

31316 — De M. H. Simon (M. de la S.). L'atlas qui était exposé dans la salle de travail au Palais des machines.

31317 à 31326 — De M. Ch. Tellier (M. de la S.). Les dix volumes ou brochures qui étaient exposés dans la salle de travail au Palais des machines.

31327 — De M. P. Decauville (M. de S.). La brochure qui était exposée dans la salle de travail au Palais des machines.

31328 — De M. A. Robin (M. de la S.). Le volume qui était exposé dans la salle de travail au Palais des machines.

31329 à 31332 — De M. Ch. Grisel (M. de la S.). Les quatre brochures qui étaient exposées dans la salle de travail au Palais des machines.

31333 — De M. G. Glaser. *Exposition universelle de 1889. Notice sur le matériel exposé par la Compagnie des chemins de fer du Midi et du canal latéral à la Garonne* (in-4 de 40 pages avec planches). Lille, Danel, 1889.

31334 — De M. F. Brabant (M. de la S.). La brochure qui était exposée dans la salle de travail au Palais des machines.

31335 — De M. Gustavo Uzielli. *Studi de Geologia Topografica e Idraulica* (in-8 de 41 pages avec planches). Roma, Società geografica Italiana, 1889.

31336 — De M. P. Saillard (M. de la S.). *Le gaz à l'eau à l'étranger. Rapport sur sa production, son prix de revient, ses applications* (grand in-8 de 23 pages). Paris, Mayer, 1889.

31337 — De M. Hillairet (M. de la S.). *Sur un dispositif de frein de Prony destiné à l'évaluation exacte des couples moteurs* (in-4 de 4 pages). Paris, Gauthier-Villars, 1889.

31338 à 31345 — De M. J.-B. Berlier (M. de la S.). Les volumes et brochures qui étaient exposés dans la salle de travail au Palais des machines.

31346 — De l'Observatoire de Mexico. *Anales del Ministerio de Fomento de la Republica Mexicana,* tomo VIII (in-8 de 498 pages). Mexico. 1887.

31347 — De la Société industrielle de Mulhouse. *Enquête décennale sur les institutions d'utilité publique de la Haute-Alsace* (grand in-8 de 300 pages avec planches). Mulhouse, Bader ; Paris, Levrault, 1889.

31348 — De M. P. Lefèvre (M. de la S.). *Agrandissements de la gare Saint-Lazare* (in-4° de 21 p. avec pl.). Paris, Dunod, 1889.

31349 — De M. Lencauchez (M. de la S.). *Projet de M. Schatzmann pour monter la Cordillère du Chili et contre-projet de M. T. Agudio* (in-8 de 32 pages). Turin, Bona, 1889.

31350 — De M. R. Thurston (M. de la S.). *The Development of the Philosophy of the Steam-Engine* (in-12 de 48 pages). New-York, Wiley et Sons, 1889.

31351 — De M. D. Joaquin Arajol. *Congreso Internacional de Ingenieria Barcelona 1888. Forma racional de los Cuchillos de Armadura* (grand in-8 de 75 pages). Barcelona, P. Ortega, 1889.

31352 à 31354 — De M. F. Arnodin (M. de la S.), *3 Photographies de ponts suspendus.*

31355 à 31357 — De MM. Petit et Landry (M. de la S.). *Abris incombustibles et économiques pour camps d'instruction* (1 mémoire et 13 dessins in-4). 1889.

31358 — De M. Demoulin (M. de la S.). *Les machines à vapeur à triple et à quadruple expansion* (grand in-8 de 75 pages avec planches). Paris, Baudry, 1890.

31359 et 31360 — De M. de Ybaretta (M. de la S.). *Estabilidad de las Construcciones de Mamposteria, par E. Bois* (texte de 370 pages et atlas de 20 planches in-8). Madrid, Juste, 1889.

31361 et 31362 — De M. F. Michotte. *La Ramie, sa décortication et son dégommage* (in-8 de 8 et de 11 pages). Paris, Noizette, 1889.

31363 — De M. J. C. Trautwine. *The Civil Engineers, Pocket Book* (in-12 de 866 pages). New-York, Wiley; London, Spon, 1889.

31364 — Du même. *The Field Practice of Laing out circular curves for Railroads* (in-8 de 191 pages). New-York, Wiley et Sons, 1889.

31365 — Du même. *A Method of Calculating the Cubic contents of Excavations and Embankments by the aid of Diagrains* (in-8 de 71 pages). New-York, Wiley et Sons, 1887.

31366 à 31368 — De M. P. Chaillaux (M. de la S.). *Appareil d'enclenchement mécanique des boîtes d'électro-sémaphores entre elles et avec les disques avancés* (notice manuscrite et 2 dessins). 1889.

31369 à 31371 — De M. L. Salazar (M. de la S.). *Projet de construction architectonique* (3 photographies).

31372 — Du même. *Étude géographique, statistique, descriptive et historique des États-Unis Mexicains* (in-8 de 415 pages), par Antoine Garcia Cubas. Mexico, imprimerie du Ministère des Travaux publics, 1889.

31373 — Du même. *Datos Mercantiles. Estados-Unidos Mexicanos* (in-8 de 472 pages), par Ricardo de Maria Campos. Mexico, 1889.

31374 — Du même. *La Crisis Monétaria* (in-8 de 402 pages), par la Secretaria de Fromento. Mexico, 1886.

31375 — Du même. *Ferrocarril de Mexico à Tuxpam* (in-8 de 34 pages avec planches). Mexico, 1885.

31376 et 31377 — Du même. *Texte et Carte commerciale des États-Unis du Mexique* (1re et 2e parties, nos 4 et 5, in-4 de 32 pages et de 28 pages), par F. Bianconi et L. de Balestrier. Paris, Chaix, 1889.

Les membres nouvellement admis sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

R. Berge, présenté par MM. Eiffel, Salles et Geay.
J. Pédralbès, — Contamin, Forest et Van den Berghe.

Comme membre associé, M. :

Ch. Macler, présenté par MM. H. Hersent, Gouin et Bureau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1889

Séance du 6 décembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. G. EIFFEL

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 22 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. A. Bonnet, membre de la Société depuis 1884, membre du Comité en 1886, professeur à l'École Centrale.

M. S. PÉRISSÉ a la parole pour dire quelques mots sur notre collègue et il s'exprime ainsi :

M. Auguste Bonnet, le sympathique collègue que la mort vient de nous enlever, a fait partie du Comité en 1886. Né à Passy en 1842, il est sorti un des premiers en 1860 de l'École des Arts et Métiers d'Angers, et, en 1861, il entrait à l'École Centrale pour en sortir troisième en 1864.

Attaché au Bureau des Etudes de MM. Thomas et Laurens, il fut directeur des ateliers Lecouteux à Paris, et devint, en 1873, répétiteur du cours de Machines à vapeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, et, après la retraite de M. de Fréminville, il fut chargé du cours et nommé bientôt après professeur et membre du Conseil de l'École.

Depuis deux ans, Bonnet a été mon collaborateur dévoué dans les Comités d'admission et d'installation de la Classe 59, des machines diverses, et si, pendant les onze derniers mois, il n'a pas donné un concours aussi actif, c'est qu'il était déjà atteint de la maladie qui l'a emporté, à l'âge de 47 ans, malgré sa robuste constitution. Mais jusqu'à l'avant-veille de sa mort, il a voulu remplir les fonctions de secrétaire des deux Comités, fonctions qu'il a remplies avec l'ordre et le dévouement qu'il mettait à toutes les affaires dont il s'est occupé.

L'École Centrale, bien cruellement frappée dans ces derniers temps dans son personnel enseignant, perd en lui un professeur jeune encore, qui avait fait brillamment ses preuves, et, quant à nous, nous perdons en lui un collègue estimé et profondément regretté. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT s'associe aux paroles que vient de prononcer M. Périssé et dit que la Société déplore la mort prématurée de M. Bonnet.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'informer la Société que deux de nos collègues, MM. W. Grosseteste et A. Lencauchez, abandonnent les bons qu'ils ont souscrits à l'emprunt de 75 000 francs.

Il est donné lecture d'une lettre de M. A. Lencauchez annonçant l'envoi d'une brochure de M. T. Agudio, sur la *Montée par son système funiculaire pour la Cordillère du Chili.*

La Société des Études coloniales et maritimes nous donne avis qu'elle a institué un *Congrès colonial national*, qui s'ouvrira à Paris le 9 décembre, et nous demande de désigner des délégués officiels à ce Congrès. D'accord avec le Comité, M. le Président propose à la Société de nommer à cet effet MM. G. Eiffel, J. Fleury, Aug. Moreau et G. Salomon. Cette proposition mise aux voix est adoptée à l'unanimité.

La Société a reçu également de la Direction générale des chemins de fer roumains le programme du concours ouvert à Bucharest pour la construction d'un bâtiment destiné au service de l'Administration centrale de ces chemins de fer. Tous les documents relatifs à ce concours sont déposés au secrétariat.

M. A. SAILLARD adresse à la Société un rapport sur le *Gaz à l'eau;* M. le Président espère qu'un de nos collègues voudra bien nous donner une analyse de cet intéressant mémoire.

Il est donné lecture des deux lettres suivantes, par lesquelles MM. Alphand et Berger remercient la Société de les avoir nommés membres honoraires :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Vous avez bien voulu m'informer que, dans sa séance du 8 novembre, et sur la proposition que vous avez formulée de concert avec MM. V. Contamin et J. Charton, la Société des Ingénieurs civils, que vous présidez, m'a compris au nombre de ses membres honoraires.

» En vous accusant réception du procès-verbal de cette séance et de la carte de membre honoraire qui étaient joints à votre lettre, je suis heureux de vous adresser l'expression de mes vifs sentiments de gratitude pour le titre honorifique que la Société des Ingénieurs civils a bien voulu me décerner. J'attache d'autant plus de prix à ce titre, que j'ai été à même dans ma longue carrière, et tout récemment encore, d'apprécier la science et l'expérience pratique des Ingénieurs civils dont je m'honore d'avoir eu la collaboration.

» Je vous prie, Monsieur le Président, de vouloir bien être l'interprète de ces sentiments auprès de MM. les membres de la Société.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute » considération.

» L'Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
» *Directeur général des Travaux de Paris et*
» *de l'Exposition universelle de 1889,*
» ALPHAND. »

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Rien ne pouvait être plus flatteur pour moi que ma nomination au » titre de Membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils, pro- » noncée sur votre proposition et celle de mes amis affectionnés, » MM. V. Contamin et J. Charton.

» J'ai l'honneur de vous adresser mon remerciement le plus empressé » et le plus cordial.

» Agréez, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les » plus distingués.

» *Le Directeur général,*
» BERGER. »

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société ne peut que se trouver très honorée de la nouvelle marque de sa sympathie que lui donne, par les termes de sa lettre, l'éminent M. Alphand. Elle remercie également M. Berger des sentiments qu'il exprime à son égard et spécialement de ceux qu'il manifeste pour MM. Contamin et Charton qui se sont montrés si dévoués à l'Exposition. *(Applaudissements.)*

La Société a reçu de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège* une lettre par laquelle elle la remercie de l'accueil fait à ses membres au mois de septembre dernier.

M. V. CONTAMIN analyse une note de M. L. Rey sur de *nouvelles formules pratiques pour le calcul des pièces soumises à des efforts de flexion ou de torsion,* en se servant uniquement des coefficients de résistance à l'extension.

M. Contamin est heureux de pouvoir résumer cette étude très intéressante sur l'équivalence des coefficients de résistance auxquels on peut soumettre la matière lorsque, dans le travail qu'elle doit subir, on lui fait supporter des efforts, soit d'extension, soit de compression, de flexion ou de torsion.

M. Rey, frappé comme beaucoup d'ingénieurs, par les différences qui existent entre les limites d'élasticité de la matière, suivant qu'on la soumet à de simples efforts longitudinaux ou à des efforts de torsion ou de flexion, a cherché la loi, plus ou moins empirique et en même temps théorique, qui reliait le plus exactement les nombreux résultats qu'il avait obtenus dans les essais de résistance qu'il avait fait subir aux matières employées dans ses industries. Il a trouvé qu'on représentait avec une exactitude très rapprochée de la vérité les faits qui ressortaient des expériences entreprises sur les métaux en disant : « *qu'il faut dépenser* » *le même travail pour obtenir une déformation donnée entre deux sections*

» *infiniment voisines, qu'on agisse par extension simple, par compression* » *simple, par flexion ou par torsion* ».

Si l'on représente par (R_a) l'effort moléculaire par unité de surface par extension simple, par (R_f) la tension par unité de surface des fibres les plus fatiguées d'une pièce fléchie, par (R_t) l'effort transversal maximum des fibres dans une pièce tordue, par (E) le coefficient d'élasticité de la matière, par (Ω) sa section transversale, par (I) le moment d'inertie de cette section par rapport à l'axe de flexion, par (I_o) celui de cette même section par rapport à l'axe de torsion, par (μ) le moment fléchissant dans la section considérée, par (μ_t) le moment de torsion dans la même section, par (V') la résistance de la fibre la plus tendue à l'axe de flexion, par (V_t) celle de la fibre la plus tordue à l'axe de torsion, et enfin par (T_a), (T_f) et (T_t), le travail nécessaire pour produire dans chacun de ces cas la déformation entre les deux sections consécutives d'une tranche, éloignées l'une de l'autre, d'une quantité (*ds*); on trouve en considérant le travail à l'extension simple :

$$T_a = \frac{(R_a)^2}{2E}\,\Omega\,ds.$$

De même, en considérant le travail par flexion entre deux tranches consécutives, on obtient pour expression de ce travail :

$$T_f = \left(\frac{R_f^2\,I}{E\,V'^2}\right)\frac{ds}{2}$$

D'où pour coefficient d'équivalence (K_f) entre la flexion et l'extension :

$$K_f = \frac{R_f}{R_a} = V'\sqrt{\frac{\Omega}{I}}.$$

Et de même pour coefficient d'équivalence (K_t) entre la torsion et l'extension :

$$K_t = \frac{R_t}{R_a} = V\sqrt{\frac{\Omega}{I_o}}.$$

Ces relations que vérifient un très grand nombre d'expériences rapportées dans le mémoire qui sera publié dans notre ***Bulletin***, conduisent au point de vue du calcul des dimensions à donner aux pièces, en fonction des coefficients caractérisant l'extension simple, à des formules nouvelles mais extrêmement simples sur lesquelles il semble utile d'appeler l'attention de la Société.

M. Rey a traduit analytiquement un fait connu, mais qui n'était pas encore représenté par une relation mathématique ; il a de ce fait aidé à combler une lacune dont les amis de la résistance des matériaux ne peuvent que lui être reconnaissants. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que l'analyse que vient de faire M. Contamin du travail de M. Rey est des plus intéressantes. Il rappelle à ce sujet ce qu'a dit M. Maurice Lévy, à propos de la résistance à l'enroulement des câbles métalliques où les formules actuelles ont été mises en défaut.

Il remercie M. Rey d'avoir fait la lumière aussi nettement sur un fait qui pouvait paraître paradoxal.

M. L. Boudenoot présente un mémoire de M. L. Rival, membre de la Société, sur la distribution des eaux dans la ville de Montdidier. Il fait remarquer que M. Rival, nouvellement admis parmi nous, a rédigé spécialement ce travail pour se conformer à l'article 7 des statuts. C'est un exemple à suivre et qui vient à l'appui de ce qu'a dit M. A. Brüll à la dernière séance.

M. le Président remercie M. Rival et M. Boudenoot, et exprime le désir qu'une communication soit faite sur le mémoire dont il s'agit.

L'ordre du jour appelle la communication de M. G. Lesourd sur un ***nouveau système de crampon à pointes multiples divergentes***, de M. Buenaventura Junquera.

M. G. Lesourd rappelle les usages et les inconvénients des crampons employés jusqu'à ce jour, et qui doivent leur peu de solidité à l'impossibilité pratique, dans la plupart des cas, de les river, soit à cause de la trop grande longueur qu'il faudrait leur donner, soit parce que la face opposée de la pièce n'est pas accessible.

C'est principalement en vue de parer à ces inconvénients que s'est répandu l'usage des tire-fond, qui n'y remédient que d'une façon imparfaite.

L'idée de M. Junquera a été d'obtenir, par l'enfoncement même du crampon, une sorte de rivure, ou mieux, d'ancrage à plein bois, supprimant toutes chances de détérioration ou d'ébranlement.

Le dispositif représenté figure 1 montre la fixation d'un rail sur une traverse.

A est le *crampon* avant l'enfoncement, se divisant à partir de sa partie médiane en deux branches à section triangulaire. Les sections du crampon sont représentées figures 2 et 3. Ce crampon est en fer ou acier doux doué d'une certaine malléabilité.

Pour le poser on commence par percer à l'endroit voulu, à l'aide d'une mèche, un trou de dimension convenable.

Ce trou est foncé jusqu'au niveau où l'on désire que se produise l'ancrage.

Cela fait, on laisse tomber au fond du trou une *billette* en fonte représentée figure 4, offrant à sa partie inférieure une section carrée résistant à l'enfoncement, et sur ses faces latérales deux cannelures de courbure plus ou moins prononcée suivant l'amplitude de l'ancrage à obtenir.

Enfin le crampon est placé sur la billette, de façon que les arêtes intérieures viennent se loger dans les cannelures, et est enfoncé avec une masse, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un chasse crampon.

Pendant cet enfoncement, les deux pointes du crampon suivant continuellement les surfaces courbes de la billette, pénètrent obliquement dans le bois, et se relèvent de plus en plus, en présentant en fin de compte un véritable profil d'ancre (B, fig. 1).

L'écartement des branches dépend exclusivement de la courbure de la billette, et le niveau où se produit l'ancrage, de la profondeur du trou : tous ces éléments pouvant être fixés une fois pour toutes, suivant le résultat à obtenir.

On a été conduit à considérer deux catégories de bois, les bois durs

Fig.1.

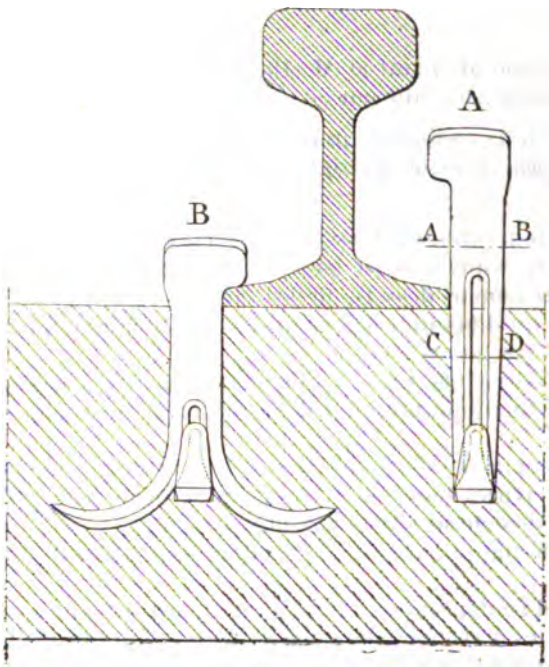
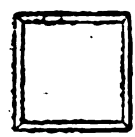


Fig.2. Fig.3.

Fig.4

Élévation

Vue en dessous



et les bois tendres. Pour les premiers, les pointes du crampon sont un peu plus courtes et plus massives ; pour les seconds, elles sont plus longues et plus élancées.

En dehors de ce crampon à deux pointes divergentes, on en a construit d'autres à quatre pointes avec des billettes à quatre rainures, qui après leur enfoncement présentent à l'intérieur du bois la forme d'un grappin à quatre branches, et donnent une solidité à toute épreuve.

Il va sans dire que les dimensions des crampons Junquera peuvent varier à l'infini, depuis celles de clous ordinaires jusqu'à celles des plus forts tire-fond employés.

M. Lesourd ajoute qu'il lui a semblé voir dans cette invention une source de très intéressantes applications, non seulement pour la fixation des rails et des coussinets, mais surtout pour l'assemblage des charpentes en général, particulièrement de celles employées à demeure dans les travaux maritimes, et même pour la charronnerie et la grosse menuiserie, et c'est dans cet ordre d'idées qu'il a cru utile d'appeler particulièrement l'attention de nos collègues sur cet engin. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lesourd de sa communication, faite avec beaucoup de clarté.

M. LESOURD, répondant à une objection, déclare que ce système de crampon ne produit pas de déchirures dans le bois ; il apportera d'ailleurs des spécimens à une prochaine séance.

M. E. BADOIS pense qu'il faudrait renoncer à arracher de semblables crampons, ce qui serait un inconvénient dans le cas de réparations.

M. LESOURD estime qu'avec un levier convenablement disposé, il serait possible de retirer la plupart des crampons.

M. E. POLONCEAU ajoute qu'en cas de rupture d'un rail, il faut pourvoir très rapidement au remplacement, et qu'avec ce système, il est à craindre que cela soit long et qu'il faille abîmer les traverses.

M. V. CONTAMIN dit qu'en matière de pose de voie, il faut un système qui permette de remplacer facilement un rail sans abîmer la traverse ; il est certain que le crampon proposé ne remplirait pas ce but ; avec les tire-fond ordinairement employés, il n'y a qu'à les dévisser de 0,04 *m* à 0,05 *m* pour dégager le rail.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que s'il y a place pour deux crampons sur la même traverse, on pourrait couper l'ancien crampon au lieu de l'arracher pour retirer un rail et enfoncer ensuite le nouveau à côté.

M. V. CONTAMIN répond qu'il y aurait là perte de temps et de matière et que de plus ce procédé ne serait pas économique.

M. P. MONCHARMONT dit que ce système de crampon à pointes divergentes n'est pas absolument nouveau ; un dessin analogue existe dans une patente américaine qui date de quinze ans. Il était employé non pour fixer le rail, mais le coussinet sur la traverse.

M. LESOURD fait remarquer que l'attache des rails sur les traverses n'est pas le seul point à considérer ; ce crampon pourrait être utilisé également pour la fixation des grandes pièces de charpente qui doivent rester assemblées à demeure, comme celles des caissons maritimes, par exemple, où il faut obtenir la plus grande solidité et la plus grande durée de l'attache. Quant à la patente américaine, c'est la première fois que M. Lesourd en entend parler.

M. LE PRÉSIDENT dit que, dans tous les cas, ce système est assez peu connu et paraît susceptible de rendre des services, sinon pour la fixation des rails, au moins pour l'assemblage des charpentes fixes.

L'ordre du jour appelle la communication de M. E. Simon, sur *l'outillage des industries textiles à l'Exposition de 1889*.

Comme en 1878, M. Simon s'est proposé de décrire les procédés originaux, les machines nouvelles ou peu connues intéressant la production des fils et des tissus.

Après avoir indiqué les circonstances particulières qui, à l'Exposition universelle de 1889, rendaient les études comparatives assez difficiles,

après avoir signalé les lacunes de nature à fausser des appréciations superficielles, M. Simon passe en revue les matières premières et les traitements préliminaires, constate l'état stationnaire de la « question de la râmie » et ne partage point les espérances de ceux qui considèrent ce textile comme une précieuse ressource pour l'avenir de nos colonies et de notre agriculture indigène.

M. Simon appelle l'attention de la Société sur un succédané de la grège, la *soie artificielle*, préparée par M. de Chardonnet au moyen d'une solution de cellulose, et décrit ensuite les appareils de M. Camel pour filer la soie, notamment pour *jeter* le bout du cocon au dévidage et effectuer des rattaches qui n'altèrent pas, comme dans les procédés ordinaires, l'apparence et la translucidité du brin soyeux. Des photographies de ces rattaches, grossies au microscope, permettent d'apprécier la valeur du procédé.

Les *mesures préventives contre les accidents*, inspirées par la *Société industrielle de Mulhouse*, se généralisent. M. Simon examine les moyens dont l'exposition de la *Société alsacienne de constructions mécaniques* présentait un intéressant ensemble et qui, vulgarisés dans la plupart des filatures et des tissages, ont fait de l'industrie textile l'une des spécialités les moins dangereuses de la mécanique appliquée.

Les perfectionnements apportés à l'échardonnage des laines, aux cardes à coton, à la peigneuse de notre collègue, M. Joseph Imbs, la peigneuse à laine Offermann et Ziégler, etc., donnent lieu à des indications détaillées ou à des descriptions qui seront publiées *in extenso* dans le Bulletin.

M. Simon cite les applications de l'électricité mises en évidence par la dernière Exposition et de plus en plus nombreuses dans les filatures et les tissages.

Entre autres métiers à tisser, un métier suisse, dont la forme circulaire rappelle la construction de certaines machines de bonneterie, constitue la démonstration pratique d'un principe nouveau.

M. Simon étudie comparativement les divers systèmes de métiers à fabriquer les filets de pêche et, au moyen de dessins gracieusement fournis par la Compagnie de Fives-Lille, est mis à même de faire connaître à la Société le système fort intéressant du métier de MM. Galland et Chaunier, construit et exposé par la même Compagnie.

Une ingénieuse machine à enfiler les aiguilles pour métiers à broder automatiques, créée par des constructeurs suisses, MM. Saurer et fils, termine l'énumération des engins nouveaux des classes 54 et 55.

De l'ensemble des renseignements fournis par le mémoire résulte un double fait : pour la France, la disparition progressive et rapide des ateliers de constructions spéciales aux industries textiles; pour le monde entier, l'accroissement incessant des moyens de production.

M. Simon résume les causes qui, selon lui, motivent cette disparition d'ateliers, autrefois nombreux; il conclut en insistant sur la nécessité de l'adoption de l'outillage automatique qui, en définitive et malgré les difficultés inhérentes aux transitions économiques, profitera à l'humanité tout entière. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. E. Simon de son intéressante communi-

cation, qui est sans contredit une des plus importantes de cette année, et une de celles qui feront le plus grand honneur à nos *Bulletins*. *(Approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT dit qu'indépendamment des remerciements généraux adressés à toutes les personnes qui nous ont envoyé des ouvrages, la Société doit remercier tout particulièrement notre collègue, M. L. Courtier, qui nous a fait don de l'*Album encyclopédique des Chemins de fer*, renfermant un ensemble de 759 planches. *(Applaudissements.)*

La séance est levée à 10 heures un quart.

Séance du 20 décembre 1889

PRÉSIDENCE DE M. G. EIFFEL

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. Couriot, trésorier, pour faire, conformément à l'article 17 des statuts, l'exposé de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 30 NOVEMBRE 1889

Nombre des sociétaires:

Le nombre des sociétaires était, au 10 décembre 1888, de . .	2 198
Du 10 décembre 1888 au 30 novembre 1889, le nombre des admissions a été de 142 (dont 4 membres honoraires)	142
formant un total de	2 340
dont il faut déduire, par suite de décès, démissions et radiations	66
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1889, est donc de	2 274

(1) Voir page 422 l'état comparatif des exercices 1882 à 1889.

Situation de la caisse au 30 novembre 1889:

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, à la date du 10 décembre 1888, était de 15 391,24

Les recettes effectuées du 11 décembre 1888 au 30 novembre 1889 se répartissent ainsi :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations	64 846 »	
Droits d'admission	2 900 »	
Intérêts des valeurs de portefeuille	6 336,47	
Vente de Bulletins et Mémoires, Abonnements et Annonces . .	6 081,65	
Locations des salles de séances .	7 395 »	
Don pour le fonds de secours. .	36 »	
Sommes encaissées pour l'emprunt	76 450 »	
Sommes encaissées pour les réceptions	12 500,65	
Sommes encaissées pour l'Exposition	1 014,40	
		177 560,17

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. de Chasseloup-Laubat, G. Hersent, Duclout, Liottier, Carpentier, J. Ventre-Bey, Pédralbès . .	4 200 »	
Dons volontaires : MM. de Chasseloup-Laubat, Ventre-Bey, Montero y Paullier	475 »	
		4 675 »

Le total des encaissements s'élève ainsi à 182 235,17

et le montant des recettes effectuées au 30 novembre, en y ajoutant l'encaisse au 10 décembre 1888, à 197 626 41

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis	31 239,25
Affranchissements et divers. . .	6 813,43
A reporter. . Fr.	38 052,68

Report. . Fr.	38 052,68		
Appointements et travaux supplémentaires	20 148,55		
Frais de bureau et sténographie.	4 179,25		
Prêts et secours.	1 420 »		
Prix divers.	2 618,93		
Legs Fusco (supplément d'honoraires).	200 »		
Contributions, entretien de l'immeuble et assurances.	9 987,80		
Solde de divers travaux prévus dans l'exercice précédent. . .	2 925,80		
Exposition de 1889 (emplacement et installation)	13 350,05		
Achat de livres pour la bibliothèque.	476,60		
Pension de M^me^ V^ve^ Husquin de Rhéville.	3 000 »		
Remboursement d'une obligation de l'emprunt immobilier. . .	500 »		
Réceptions des ingénieurs étrangers	65 527,48		
Classement de la bibliothèque. .	2 352,25		
Remboursements de souscriptions, pour versements antérieurs à la répartition. . . .	1 400 »		
		166 139,41	
2° Par le fonds inaliénable :			
Achat pour le fonds inaliénable de 23 obligations du Midi		9 556,40	
Total des sommes employées au 30 novembre 1889.			175 695,81
Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1889, est donc de			21 930,60

Il résulte de ces chiffres que le total des encaissements de l'exercice a été de 182 235,17 *f* supérieur de 6 539,36 *f* aux dépenses effectuées pendant le cours de l'année, lesquelles comprennent l'achat, pour le fonds inaliénable, de 23 obligations du Midi, montant à 9 556,40 *f*.

Nous vous présentons également le bilan de la Société dressé dans la forme que nous avons adoptée dans les comptes qui vous ont été soumis le 21 juin dernier; il est arrêté à la date du 30 novembre et se résume comme suit; à l'actif sont portés :

L'hôtel de la Société, pour . . . . . Fr.		279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 455 obligations du Midi		
A reporter. . . Fr.		279 602,20

Report. . . . Fr.	279	602,20
et deux titres de 150 *f* et 100 *f* de rente 3 0/0, figurant au prix d'achat pour	171	789,04
Les espèces en caisse.	21	930,60
Les achats d'ouvrages faits pour la bibliothèque.		476,60
Les titres de l'emprunt abandonnés par divers souscripteurs	6	100 »
Les versements à effectuer par divers souscripteurs de l'emprunt.	1	500 »
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 30 novembre 1889, après réduction de 50 0/0)	7	881 »
Le remboursement des versements faits à demi-tarif, pour les ascensions à la Tour.	3	275 »
TOTAL. . . . . Fr.	492	554,44

Au passif figurent :

La valeur d'une obligation restant à rembourser sur l'emprunt contracté, en vue de la construction de l'hôtel. Fr.		500 »
Nos créanciers (pour impressions, planches et reliure). .	10	800 »
Les prix divers (échus ou en cours, s'élevant à)	4	460,87
Le compte (fonds de secours)		522,04
Le montant des dons et exonérations, non employés, et qui grossiront d'autant après remploi le fonds inaliénable .		772,52
Notre emprunt de	75	000 »
Créditeurs de l'emprunt (excédents de versements à rembourser par suite de réduction de souscription).	1	550 »
Le capital social montant à	398	949,01
CHIFFRE ÉGAL . . . . . Fr.	492	554,44

L'avoir de la Société, au 10 décembre 1888, s'élevait à Fr.	451	045,78
Il n'est aujourd'hui que de	398	949,01
Il a donc diminué de. . . . . Fr.	52	096,77

Cette diminution de notre avoir est la conséquence de l'emprunt de 75 000 *f*, que nous avons contracté et, en réalité, au lieu de nous trouver en présence d'une diminution correspondante de 75 000 *f*, si nous constatons une décroissance de 52 096,77 *f* seulement, c'est que nos recettes de toute nature nous ont permis d'atténuer, jusqu'à concurrence de 22 903,23 *f*, la charge que notre emprunt fait peser sur l'exercice.

C'est là un résultat très appréciable, si on tient compte de ce que l'année 1889 a été grevée de dépenses exceptionnelles, parmi lesquelles il faut ranger :

Les frais occasionnés par notre participation à l'Exposition universelle de 1889 ; notre Société s'est imposé, de ce chef, une charge spéciale de.	13	350,05
Elle en a d'ailleurs déjà recueilli les fruits, car cette dé-		
A reporter. . . Fr.	13	350,05

Report. . . Fr. 13 350,05

pense lui a permis de ne pas rester en dehors de cette grande manifestation de notre génie national, d'y occuper une place qu'elle méritait à tous égards, et d'y remporter la plus haute récompense qui pût être accordée, un grand prix, qui est, en quelque sorte, la consécration des services que, depuis sa fondation, elle ne cesse de rendre au Génie civil français. *(Applaudissements.)*

Les dépenses entraînées par les réceptions que nous avons faites aux ingénieurs étrangers, venus pour visiter l'Exposition, et dont il vous a été rendu compte, se sont élevées à la somme de. 65 527,48

Notre Société a pu, grâce à elles, recevoir dignement ses hôtes et s'acquitter, vis-à-vis d'un grand nombre, de la dette de reconnaissance qu'elle avait contractée dans ses voyages à l'étranger.

Je tiens à exprimer tout particulièrement nos sentiments de reconnaissance à l'égard de notre éminent président, M. G. Eiffel, qui vient de nous annoncer, à l'instant même, que non seulement il faisait abandon à la Société du montant de sa souscription à notre emprunt, s'élevant à la somme de 1 000 *f*, mais qu'il nous faisait, en outre, un don personnel de 3 275 *f* en remboursement des frais que nous avons acquittés à la Société d'exploitation de la Tour, pour les ascensions que nous y avons faites, à demi-tarif, avec nos collègues de l'étranger. *(Applaudissements.)*

Notre Président a voulu, en un mot, nous avoir fait, à ses propres frais, les honneurs de la belle œuvre à laquelle il a attaché son nom ; il a ainsi mérité deux fois notre reconnaissance et je lui adresse ici, à ce double titre, l'expression de notre bien vive et profonde gratitude. *(Applaudissements.)*

L'emprunt destiné à faire face à nos réceptions s'élevant à 75 000 *f* et les frais de réception, déduction faite des frais d'ascension à la Tour, à 62 252,48 *f*, il reste disponible, sur le montant de l'emprunt, une somme de 12 747,52 *f*, que nous vous proposons de rembourser aux obligataires, le 1er juillet 1890.

Aux charges exceptionnelles, dont il vient d'être question, résultant des frais d'exposition et de réception, il faut en ajouter une autre qui en a été la conséquence, à savoir l'augmentation des frais généraux de l'exercice; c'est ainsi que les frais de personnel, les employés supplémentaires et les frais de classement de la bibliothèque sont passés de 19 026,65 *f* à 22 500,80 *f* s'accroissant de. . . 3 474,15

Une nouvelle dépense résulte de l'usage qui a été fait

A reporter. . . Fr. 82 351,68

Report. . . Fr.	82 351,48
d'une partie des fonds portés au compte « secours », dont, par suite de circonstances particulièrement intéressantes, il a été fait emploi jusqu'à concurrence de	1 420 »
L'exercice a dû, en outre, acquitter le solde de divers travaux, prévus au budget précédent, montant ensemble à.	2 925,80
Telles sont les charges particulières auxquelles nous avons dû faire face et qui ont pesé d'une façon exceptionnelle sur l'exercice;	
Elles s'élèvent ensemble à.	86 697,48

Si nous examinons maintenant le bilan au 30 novembre, nous constatons, à l'actif, une légère augmentation de 895,30 *f*, portant sur le mobilier de l'Exposition de la Société que nous avons transporté dans l'hôtel, après lui avoir fait subir un amortissement de 50 °/₀ de sa valeur.

Notre portefeuille s'est accru de : 13 841,40 *f*.

Cette augmentation du fonds social inaliénable provient :

1° De la valeur d'un titre de 150 *f* de rente 3 °/₀ représentant en capital	4 285 »
qui nous a été remis par la famille de notre regretté collègue M. François Coignet pour la fondation du prix qui porte son nom;	
2° Du montant des vingt-trois obligations du Midi acquises en représentation des exonérations et dons non employés, figurant au prix d'achat pour.	9 556,40
TOTAL.	13 841,40

Nous avons également inscrit à l'actif les titres du nouvel emprunt qui nous sont généreusement abandonnés par divers souscripteurs; l'importance des dons qui nous sont ainsi faits s'élève à ce jour à la somme de 6 100 *f*.

Qu'il me soit permis de rappeler les noms de ces donateurs, ce sont : MM. P. Buquet, Cahen Strauss, J. Charpentier, Clémandot, Contamin, Courras, A. Couvreux, Driessens, L. Dru, Eiffel, Grosseteste, Hallopeau, Ch. Herscher, Houbigant, Jordan, Lencauchez, Lippmann, Aug. Martin, Mialane, H. Pereire, E. Polonceau, Pourcel, Raffard, P. Regnard, Rey, Trélat, F. Valton, A. Vinçotte, Weil, auxquels votre trésorier exprime ici, en votre nom à tous, toute sa bien vive et sincère reconnaissance. *(Approbation.)*

Vous remarquerez enfin que les cotisations arriérées ne figurent plus à l'actif que pour la somme de 7 881 *f*; en réalité, le montant des cotisations arriérées s'élève, à ce jour, au double, soit à 15 762 *f*: mais il nous a semblé de bonne et sage administration de faire supporter à ces créances de la Société un amortissement de 50 °/₀, afin d'éviter tout mécompte dans les recouvrements ultérieurs; cet amortissement réduit d'autant le chiffre de notre avoir.

Les éléments du passif n'appellent aucune observation particulière.

Nous n'avons pas cru devoir faire figurer, même pour mémoire, le legs important que Mme Fusco a fait à notre Société, aucune décision judi-

ciaire n'étant encore intervenue. Les prétendus héritiers, qui ont perdu devant le Conseil d'État le premier procès qu'ils nous avaient intenté, ont soulevé d'autres difficultés. L'affaire est actuellement devant la première chambre de la Cour d'appel de Paris et nous espérons qu'elle pourra être plaidée dans le courant de 1890.

Me Clausel de Coussergues, avocat, frère de notre regretté collègue, et Me Berthot avoué, continuent à être nos conseils et sont chargés de la défense de nos intérêts.

Nous n'avons pas fait entrer dans nos comptes les sommes souscrites pour venir en aide aux victimes de la catastrophe du Puits Verpilleux.

Dans leur total s'élévant à . . . . . 3 425 *f*

entre la souscription des Ingénieurs anglais pour . . . . . 1 625 *f*

La participation si généreuse de nos collègues les *Mechanical Engineers* a été remise par notre ancien président, M. F. Reymond, au préfet de la Loire.

Ce concours apporté par nos collègues d'Angleterre aux ouvriers victimes du devoir professionnel, constitue un acte de touchante solidarité dont nous devons hautement les remercier. *(Applaudissements.)*

En résumé, Messieurs, malgré un exercice dans lequel la Société à dû faire face à des charges exceptionnellement lourdes, il lui a été possible de subvenir à toutes les dépenses qui ont atteint le chiffre de 166 139,41 *f;* c'est à-dire une somme bien supérieure aux dépenses normales, sans entamer son portefeuille, qui s'est même accru, comme il a été dit au cours de ce rapport de 13 841,40

L'exercice nous lègue cependant une charge, celle du service de notre nouvel emprunt, contracté dans des conditions éminemment favorables, puisque nos souscripteurs se sont contentés d'un intérêt de 3 0/0 l'an. Il faut ajouter que sur les 75 000 *f* que nous avons empruntés, il a été fait abandon, au profit de la Société, d'un capital de 6 100 *f;* que nous sommes en mesure de rembourser dès maintenant 12 747,52*f*, de telle sorte que notre emprunt se trouvera, dès cette année, réduit de 18 847,52 *f* et ramené à 56 000 *f* environ; il aura ainsi diminué de 25 %.

En terminant, je tiens à exprimer ici à notre agent général, M. de Dax, tous mes remerciements pour l'activité infatigable et le concours dévoué qu'il n'a cessé de m'apporter dans l'accomplissement de ma mission, au cours d'une année exceptionnellement chargée, pendant laquelle il a toujours su se montrer à la hauteur de la lourde tâche qu'il avait à remplir. *(Applaudissements.)*

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1889

ACTIF

Immeuble :		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social 94 obligations du Midi. . . .	37 395,15	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Legs Michel Alcan, 1 titre Rente 3 0/0 . .	2 775 »	
e. Legs Coignet, 1 » » . .	4 285 »	
		100 827,20
Fonds courant :		
204 Obligations du Midi.		70 961,84
Caisse :		
Solde disponible		21 930,60
Bibliothèque :		
Volumes achetés pendant le 1er semestre		476,60
Divers :		
a. Titres de l'Emprunt abandonnés par divers donateurs . .		6 100 »
b. Restant dû sur l'Emprunt par divers souscripteurs. . . .		1 500 »
c. Débiteurs divers (Cotisations arriérées 15 762) évaluées après réduction de 50 °/.		7 881 »
d. Versements faits à demi-tarif pour les ascensions à la Tour.		3 275 »
	Fr.	492 554,44

PASSIF

Obligations de l'Emprunt immobilier . . . . Fr.		500 »
Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours évalués à		10 800
Prix divers 1890 et suivants.		
a. Prix Nozo	863,13	
b. Prix Giffard	3 435,24	
c. Prix Michel Alcan 2 trimestres.	50 »	
d. Prix Coignet 3 trimestres.	112,50	
		4 460,87
Fonds de secours		522,04
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après remploi . .		772,52
Emprunt		75 000 »
Créditeurs divers sur Emprunt.		1 550 »
Profits et pertes :		
Avoir réel de la Société { Fonds inaliénable 264 582,05 / Fonds courant . . 130 091,96 }		398 949,01
	Fr.	492 554,44

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

RECETTES

En caisse au 10 décembre 1888.		Fr.	15 391,24
1° Pour le fonds courant :			
Cotisations. . . . . Fr.	64 846 »		
Droits d'admission	2 900 »		
Intérêts des valeurs de Portefeuille	6 336,47		
Ventes de bulletins et mémoires, abonnements et annonces . . .	6 081,65		
Locations des salles de séances .	7 395 »		
Pour fonds de secours (dons volontaires).	36 »		
Sommes encaissées sur l'emprunt	76 450 »		
— — pour les réceptions	12 500,65		
— — pour l'Exposition.	1 014,40		
		177 560,17	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations.	4 200 »		
Dons volontaires	475 »		
		4 675 »	182 235,17
		Fr.	197 626,41

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :			
Remboursement d'une obligation de l'Emprunt immobilier . . . . . Fr.	500 »		
Impressions, planches et croquis, reliure	31 239,25		
Affranchissements divers	6 813,43		
Appointements et travaux supplémentaires	20 148,55		
Frais de bureau et sténographie . . .	4 179,25		
Prêts et secours.	1 420 »		
Prix divers	2 618,95		
Contributions, Entretien de l'immeuble.	9 987,80		
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice	2 925,80		
Exposition de 1889 (emplacement général, installation)	13 350,05		
Réception des Ingénieurs étrangers . .	65 527,48		
Achat de livres pour la bibliothèque .	476,60		
Classement de la bibliothèque	2 352,25		
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville	3 000 »		
Remboursement de diverses Souscriptions par suite de versements antérieurs à la réduction de l'Emprunt.	1 400 »		
Legs Fusco.	200 »		
		166 139,41	
2° Par le fonds inaliénable :			
Achat de 23 obligations du Midi pour le fonds inaliénable.		9 556,40	
			175 695,81
Solde en caisse au 30 novembre 1889.			21 930,60
			Fr. 197 626,41

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1882 A 1889

INDICATIONS	15 DÉCEMBRE 1882	24 DÉCEMBRE 1883	19 DÉCEMBRE 1884	18 DÉCEMBRE 1885	17 DÉCEMBRE 1886	16 DÉCEMBRE 1887	10 DÉCEMBRE 1888	30 NOVEMBRE 1889
Nombre de Membres...	1 984	2 037	2 068	2 081	2 119	2 155	2 198	2 274
Membres admis pendant l'Exercice.....	110	132	98	102	99	77	114	142
Membres par catégories — honoraires.....	»	»	»	»	»	»	15	19
Membres par catégories — sociétaires.....	»	»	»	»	»	»	1 999	2 065
Membres par catégories — associés.....	»	»	»	»	»	»	184	190
Membres par catégories — exemptés.....	6	10	11	17	12	15	25	21
Membres par catégories — décédés.....	23	36	34	31	31	27	37	38
Membres par catégories — démissionnaires.	8	17	11	10	11	14	19	14
Membres par catégories — rayés.....	17	26	22	48	19	»	29	14
Membres par catégories — exonérés à 600 fr.	7	11	5	11	11	10	15	7
Legs et fondations....	2 legs à recevoir	Le Roy 5 000 »	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir	Giffard / Sieber 50 887,50	»	1 legs à recevoir	Coignet 4 285 »
Dons volontaires	3 128,50	1 368,25	673 »	1 799,75	2 200 »	424 »	7 016 »	5 575 »
Encaissem. de l'Exercice	77 373,68	88 675,93	82 585,84	91 995,79	137 669,75	83 050,33	114 168,86	182 235,17
Dépenses de l'Exercice..	59 564,27	66 007,27	80 232,60	79 262,09	104 983,07	83 226,71	118 612,67	166 139,41
Sommes réservées. — Prix de la Société.	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »
Sommes réservées. — Prix Nozo.....	»	»	»	138 »	276+138 »	829,32	1 105,76	863,18
Sommes réservées. — Prix Giffard	»	»	»	»	2 680 »	4 586 »	2 857,86	3 435,24
Sommes réservées. — Prix Michel Alcan	»	»	»	»	»	»	250 »	50 »
Sommes réservées. — Secours (legs Giffard).....	»	»	»	»	»	485 »	1 120 »	522,04
Achat d'Oblig. du Midi.	3 730 »	17 429,65	»	10 358,28	50 372,05	9 066,45	17 727,10	9 556,40
Achat d'un titre de 100 fr rente 3 %.....	»	»	»	»	»	»	2 775 »	»
Amort. d'oblig. sociales.	16 500 »	7 000 »	5 500 »	6 000 »	7 000 »	1 000 »	»	500 »
Sommes restant en caisse	15 279,30	13 518,31	10 371,55	12 105,25	20 001,43	19 835,06	15 391,24	21 930,60
Avoir de la Société....	342 811,09	366 479,75	368 832,99	385 566,69	425 591,12	434 981,49	451 045,78	398 949,01
Sommes restant à encaisser....	15 893 »	17 217 »	18 064 »	14 824 »	18 773 »	19 828 »	14 403 »	7 881 »
Emprunt.....	»	»	»	»	»	»	»	75 000 »

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président demande à l'Assemblée de voter des remerciements à son trésorier M. H. Couriot pour le soin, le très grand zèle et le dévouement qu'il apporte à ses fonctions. *(Applaudissements.)*

Il les demande aussi pour M. A. de Dax dont le dévouement a été particulièrement cette année mis à l'épreuve, et qui s'est acquitté de sa tâche difficile de manière à lui mériter la gratitude de la Société. *(Applaudissements.)*

Ces remerciements sont votés par acclamation.

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1890.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. V. Contamin.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. E. Polonceau.	MM. E. Bertrand de Fonviolant.
P. Jousselin.	G. Cerbelaud.
S. Périssé.	E. Bert.
P. Buquet.	E. Gruner.

Trésorier : M. H. Couriot.

COMITÉ

MM. H. Vallot.	MM. M. de Nansouty.
A. Hallopeau.	L. Vigreux.
A. Mallet.	A. Moreau.
Ch. Herscher.	J. Carimantrand.
L. Appert.	L. Rey.
E. Lippmann.	J. Charton.
J. Morandière.	A. Hauet.
G. Canet.	L. Berthon.
E. Simon.	J. Fleury
E. Level.	H. Forest.

LES PROCÉDÉS ET LE MATÉRIEL

DES

INDUSTRIES TEXTILES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

M. E. SIMON

Comme en 1878, j'essayerai de vous décrire quelques procédés originaux, quelques machines nouvelles ou encore peu connues, qui intéressent la production des fils et des tissus.

Contrairement à la méthode adoptée en 1878 et surtout en 1867, les produits similaires ont été exposés, en 1889, suivant ce qu'on pourrait appeler *l'ordre dispersé*. Soit que les exposants de certaines contrées se fussent décidés trop tardivement pour obtenir à l'intérieur des édifices primitivement projetés une place suffisante, soit que les gouvernements étrangers eussent voulu frapper l'imagination des visiteurs par l'importance des constructions où devaient être réunis les produits de leurs nationaux, cette dispersion, favorable à l'élément pittoresque, n'était point faite pour faciliter les études comparatives.

Les hésitations et les abstentions de plusieurs autres gouvernements n'ont pas permis à de redoutables rivaux industriels de donner la mesure de leurs forces, de laisser entrevoir la puissance de leurs moyens de production. L'Angleterre, dont les métiers à filer et à tisser se vendent dans toutes les parties du monde, n'était représentée que par un métier rectiligne à fabriquer la bonneterie et par les métiers à tisser d'une maison de Bradford ; si excellente que fût la construction de ces machines, il n'y avait évidemment pas là une indication même approximative de l'importance industrielle de la Grande Bretagne dans les spécialités textiles.

Par contre, la Belgique, pour les lainages et surtout pour la fabri-

cation des étoffes de laine cardée, la Suisse, pour la filature du coton, le tissage de la soie et la broderie mécanique, exposaient des assortiments complets. Disons tout de suite que la législation récemment adoptée en faveur de la propriété industrielle ne semble pas étrangère au remarquable développement des constructions mécaniques de la Suisse.

L'Allemagne proprement dite s'était complètement abstenue dans la classe 54 (matériel de la filature), un seul atelier de Chemnitz représentait l'outillage du tissage. Les constructeurs alsaciens, par le nombre et la valeur des machines exposées, insistaient, sans le vouloir, sur l'importance du démembrement dont souffre toujours notre industrie, malgré les succursales créées après l'annexion, de ce côté de la frontière.

Matières premières et traitements préliminaires. — A part la décortication de la ramie, les traitements antérieurs aux préparations manufacturières des fibres textiles n'ont donné lieu à la mise au jour d'aucun outillage nouveau. La très intéressante communication qui nous a été faite, l'année dernière (1), par M. Auguste Moreau, me dispensera d'entrer dans de longs développements. Notre confrère avait déjà constaté que la plupart des inventeurs cherchent à décortiquer les tiges de ramie à l'état vert. Le concours de machines qui s'est tenu les 23 et 24 septembre 1889, partie dans la Galerie des machines, partie sur l'esplanade des Invalides, a témoigné de la même préoccupation. La raison en est simple : la tige de la ramie est lourde, encombrante et le *desideratum* consisterait à obtenir économiquement sur le champ de la récolte, des lanières de filasse *déboisées*, facilement transportables. Jusqu'à ce jour, les procédés de décortication en vert ou à sec occasionnent des dépenses de force motrice, des frais de matériel ou de main-d'œuvre disproportionnés avec les résultats. De même que les mécanismes perfectionnés, les traitements manuels précédés, ou non, soit de débouillissages, soit de vaporisages, fournissent des lanières d'un prix de revient trop élevé.

En présence des multiples et coûteuses tentatives qui se sont succédé depuis un quart de siècle sans profit appréciable pour l'industrie, ni pour l'agriculture, il est permis de se demander si le problème est bien posé, s'il n'est pas trop exigé des engins mécaniques, si l'engouement qui, périodiquement, incite les inventeurs à des efforts infructueux, est justifié ; en un mot et au

(1) Voir *Bulletin* de décembre 1888.

risque de paraître rebelle au progrès, si une plante, dont la teneur, relativement au poids brut, se réduit à environ 4 0/0 de fibres très résistantes mais peu élastiques, mérite tant de sacrifices et constitue, ainsi qu'on l'a peut-être répété trop souvent, une précieuse ressource pour l'avenir de nos colonies, voire même de notre agriculture indigène.

Le but de cette étude étant surtout industriel, nous ne vous entretiendrons pas de l'extension croissante de l'élevage des bêtes à laine dans la République Argentine, en Australie, etc., de la tendance de plus en plus marquée des gros consommateurs à s'approvisionner directement sur les lieux d'origine. Cette évolution motive les préoccupations des principaux intermédiaires et, parmi les courtiers de Londres, un de nos compatriotes, M. Pierrard, propose l'adoption d'une *balle-étalon* destinée à contenir un poids invariable de laine sous un volume également invariable. Ce type de balle était exposé dans la section britannique avec un modèle de presse approprié. D'apparence modeste, la réforme projetée aurait des résultats fort utiles en facilitant le contrôle des lots de laine aussi bien que l'emmagasinage et le transport des toisons.

Les outillages réservés aux traitements du coton, du lin et du chanvre avant filature faisaient à peu près défaut dans toutes les parties de l'Exposition et nous passerions immédiatement aux perfectionnements réalisés dans le dévidage des cocons, si nous ne devions tenir compte d'un succédané nouveau de la grège.

Soie artificielle. — Depuis 1884, M. de Chardonnet étudie la fabrication d'une soie artificielle qui, sans devenir encore l'objet de transactions commerciales, est plus qu'un produit de laboratoire; des fils et des échantillons de tissus se voyaient dans la Galerie des machines à côté du matériel servant à préparer la matière première.

Voici comment s'exprimait M. de Chardonnet dans une note remise sous pli cacheté à l'Académie des sciences au mois de mai 1884 et ouverte en séance le 7 novembre 1887: « La continuité du » fil, sa transparence, les jeux de lumière intérieurs, l'éclat soyeux, » ne peuvent s'obtenir qu'en filant une solution liquide. La cellu» lose pourrait servir, mais elle n'a pas de véritable dissolvant: il » faut la nitrater, la filer en collodion et la débarrasser ensuite » d'une partie de son acide nitrique.

» On peut employer les diverses celluloses, à condition qu'elles » soient pures et non altérées par les réactifs. J'ai principalement

» porté mon attention sur les cotons et les pâtes sulfureuses de » bois tendres. »

Ce n'était pas, en effet, une des moindres curiosités de la classe 10, que la juxtaposition, dans la vitrine de M. Ch. de Montgolfier, de fragments de sapin, de cellulose pure fabriquée à la papeterie de la Haye-Descartes avec ces morceaux de bois et de bobines de soie provenant de la transformation de la même pâte par le procédé que M. de Chardonnet a résumé dans les lignes ci-après :

« Avec ces matières (cotons et pâtes sulfureuses de bois ten- » dres) on forme une cellulose octonitrique pure, dissoute à raison » de 6,5 0/0 dans un mélange de 38 d'éther et 42 d'alcool.

» Ce collodion est renfermé dans un réservoir en cuivre étamé, » où une pompe à air entretient une pression de plusieurs atmo- » sphères et qui se continue inférieurement par une rampe où sont » implantés des tubes de verre terminés par une portion capillaire. » Un second tube enveloppe chacun des premiers et reçoit un » excès d'eau destiné à solidifier le collodion au fur et à mesure » de son émission par la filière capillaire. Une pince mue auto- » matiquement prend ce fil et le porte sur des bobines tournant » au-dessus. Les fils de becs voisins sont réunis en une sorte de » grège. Chaque bec est muni d'un obturateur pour régler la gros- » seur du fil.... Les écheveaux sont ouvrés comme les soies des » cocons. On procède ensuite à la dénitratation... »

D'après l'inventeur, la densité de la soie artificielle est comprise entre celle des grèges et celle des soies cuites, la charge de rupture varie de 25 à 35 *kg* par millimètre carré, l'élasticité est comparable pour les soies naturelles et artificielles, les procédés de teinture sont les mêmes. La nouvelle matière, à la condition d'être obtenue économiquement et rendue suffisamment incombustible, devrait donc, à un moment donné, exercer une influence notable sur le marché des soies.

Appareils à filer la soie. — La soie la plus ténue du commerce, la grège la plus fine se compose d'un certain nombre de *bouts* accollés et successivement échelonnés; toutefois, il ne suffit pas, au dévidage, de remplacer ces bouts au fur et à mesure des ruptures ou de l'épuisement des cocons; les vers ne filent pas uniformément sur toute la longueur de la *bave* et l'habileté de l'ouvrière consiste non seulement à bien lancer ou *jeter* un bout nouveau, mais encore à opérer cette jetée en temps utile pour maintenir la régularité du fil, l'uniformité du *titre*.

Ces conditions de main-d'œuvre et d'expérience traditionnelle expliquent pourquoi les États-Unis, dont la consommation s'élève à près de cent millions de francs de soies grèges par année, n'ont pu réaliser le dévidage *automatique*. L'administration américaine ne se décourage pas et compte faire ce qui lui a réussi avec d'autres industries, recourir à des droits de douane pour créer et développer la filature mécanique des soies.

Un rapport du Commissariat général des États-Unis d'Amérique à l'Exposition universelle de 1889 fournit sur l'état de la question plusieurs indications utiles à retenir :

« ... Avant 1876, aucune tentative n'avait été faite pour rendre » automatique le mécanisme du dévidage de la soie.

» De l'Exposition du Centenaire datent deux efforts : celui de » certaines dames bienfaisantes de Philadelphie, de Californie et » d'ailleurs, pour tenter de rétablir chez nous la sériciculture (1) ; » celui de M. Serrell, de New-York, pour la création d'un dévidoir » automatique. Grâce aux premières, l'attention du Congrès se » porta de nouveau sur le sujet et, en 1884, il fut voté une sub- » vention pour encourager cette industrie et pour donner au dé- » partement de l'agriculture la possibilité de se livrer aux expé- » riences voulues.

» ... Pendant deux ans, ces expériences ont été tentées sur » trois points différents : à San-Francisco, à la Nouvelle-Orléans » et à Philadelphie, en vue d'établir des filatures dans ces trois » villes. Le résultat n'a pas été satisfaisant. Il semblait cependant, » vu les résultats que donnait alors le dévidoir automatique de » Serrell, qu'on eût quelque raison d'espérer surmonter la plupart » des difficultés qui s'étaient rencontrées au cours des tentatives » précédentes ; il y a trois ans, le Congrès autorisa le commis- » saire de l'agriculture à établir une filature de soie à Washing- » ton, sous les auspices du département de l'agriculture, et à y » faire l'essai consciencieux du mécanisme automatique de Ser- » rell. Il me semblait que deux années d'expériences me met- » traient en mesure de résoudre la question d'une façon décisive » et de pouvoir dire nettement si ce mécanisme est capable de ré- » duire la main-d'œuvre à un minimum suffisant pour faire du » dévidage de la soie une industrie lucrative aux États-Unis.

» En raison de nombreuses vicissitudes et incidents dont il est » inutile de donner le détail, et en particulier à cause de ce fait

(1) La cherté de la main-d'œuvre avait été une cause antérieure d'insuccès, d'après l'auteur du même rapport.

» que les travaux d'expériences faits sous la haute main du départ-
» tement de l'agriculture sont bien autrement coûteux qu'ils ne
» le seraient à l'initiative privée, les résultats de ces deux années
» n'ont pas été entièrement décisifs, quoiqu'ils aient démontré
» clairement que le dévidage de la soie ne pouvait pas être fait
» d'une façon avantageuse. A ce moment-là, quelques modifica-
» tions apportées, en France, à certains détails du dévidoir auto-
» matique de Serrell semblaient, au dire de M. Walker qui les
» examina personnellement, promettre un meilleur succès et jus-
» tifier la continuation des expériences. Le Congrès vota donc,
» pour la troisième fois, une subvention dans ce but et aussi pour
» favoriser la création de certains établissements où les cocons
» pussent être maniés avec intelligence, et les chrysalides étouffées
» sous la surveillance de personnes compétentes.

» En raison de l'époque trop avancée de la saison où la sub-
» vention a été votée ; de l'obligation où s'est trouvée la Division
» de préparer son exposition particulière pour l'Exposition de
» Cincinnati, et enfin, vu les difficultés que nous avons renon-
» trées dans l'emploi de mécanismes perfectionnés dernièrement
» venus de France, le travail de la présente année n'a pas été as-
» sez décisif pour autoriser de notre part une conclusion finale.
» Quelques heureuses modifications ont bien été faites, qui pour-
» ront surmonter quelques-uns des principaux obstacles que nous
» avons rencontrés ; mais je dois avouer que, pour ma part, j'ai
» peu de foi en un résultat final favorable, du moins en ce qui
» concerne le principal but de ces expériences. En un mot, quels
» que soient les découvertes ou les perfectionnements que nous
» puissions faire, je ne crois pas que le dévidage de la soie soit
» jamais dans ce pays une industrie lucrative, à moins de droits
» qui nous protègent contre le travail à meilleur marché des au-
» tres pays. Ceci revient à dire que les expériences poursuivies
» jusqu'ici n'ont fait que confirmer les arguments que j'ai toujours
» soutenus sur la nécessité d'une protection effective pour l'éta-
» blissement de la sériciculture en Amérique.

» Quant à notre aptitude à produire des cocons, elle n'a pas à
» être mise en question et, ainsi que je l'ai déjà démontré, nous
» avons à cet égard de nombreux avantages sur le vieux monde.
» Mais l'expérience poursuivie pendant ces cinq années, et qui a
» provoqué la subvention du Congrès, n'a servi qu'à donner une
» impulsion artificielle à la sériciculture, qui retomberait de nou-
» veau dans le marasme si ce concours lui était retiré.

» Personne ne saurait être plus zélé ni plus intéressé dans ses » efforts pour résoudre heureusement ce problème que M. Philip » Walker, qui est directement chargé de la filature de Washing- » ton, et qui m'a aidé dans la préparation de ce rapport. Or, après » des calculs consciencieux et approfondis, il estime qu'un droit » spécifique de 5 francs par livre sur la soie dévidée — ou *soie* » *grège* — permettrait à l'industrie du dévidage d'être avantageuse » dans ce pays. Sans ce droit, j'ai grand'peur que la continuation » des expériences faites avec le dévidoir Serrell ne serve pas à » grand'chose. Car on ne doit pas perdre de vue que nos perfec- » tionnements, quels qu'ils soient, seront aussi profitables aux » étrangers qu'à nous-mêmes, à moins qu'ils ne soient protégés » par un brevet au profit du gouvernement américain.

» Sans considérer le moins du monde au point de vue théorique » la question de la protection, il m'a toujours semblé clair et » logique que, si la protection est la politique adoptée par le gou- » vernement, il ne doit pas plus y avoir de restriction et d'excep- » tion sur ce chapitre-là que sur tout autre (1). »

La citation, un peu longue, était nécessaire pour rappeler avec quelle persévérance et quelle confiance en eux-mêmes les États-Unis tendent à s'affranchir, vis-à-vis des autres pays, de toute redevance industrielle.

Les appareils auxquels se réfère le rapport américain n'ont point paru à l'Exposition ; un outillage moins automatique et, suivant nombre de filateurs, beaucoup plus pratique, fonctionnait, chaque jour, dans le pavillon des *Chantiers de la Buire*. L'inventeur, M. Camel, ne remplace pas une ouvrière intelligente par un mécanisme ; il fournit à cette ouvrière les moyens de produire mieux et plus que par le passé, sans augmenter sa fatigue.

Le premier résultat, la régularité et la solidité des *rattaches*, réduites au minimum d'épaisseur, s'obtient à l'aide du *jette-bouts*, dont le croquis ci-contre indique le principe :

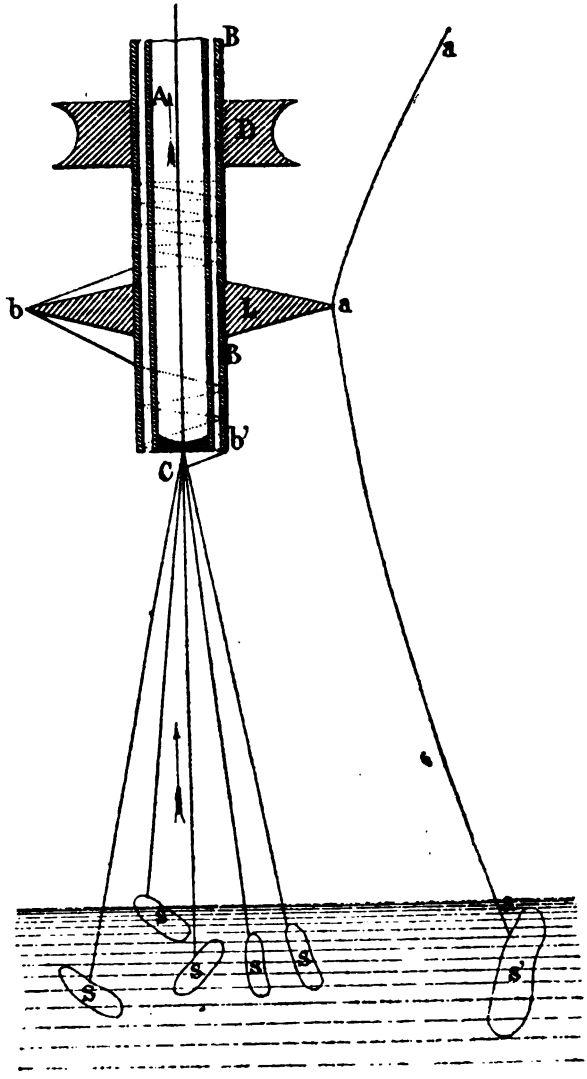
L'appareil comprend : 1° un *tube central immobile A*, muni d'agathes pour le guidage du fil, qui traverse le tube dans sa longueur et se trouve ainsi isolé de tout organe rotatif, voire même des cocons *sauteurs* ; 2° un *tube B concentrique au premier*, tournant à la vitesse de 12 à 1500 tours par minute. Le tube B porte, à la partie supérieure, une poulie à gorge ou noix D, actionnée par une corde et, au-dessous, vers le tiers de la hauteur, une lentille L,

(1) Extrait du rapport sur les productions agricoles des États-Unis, préparé sous la direction du secrétaire de l'agriculture en vue de l'Exposition de 1889, à Paris.

munie d'encoches régulièrement espacées sur la périphérie. Le bord inférieur du même tube B est finement dentelé.

On a figuré en *s*, *s*, *s*,... les cocons en voie de dévidage, immergés, comme d'ordinaire, dans une bassine remplie d'eau chaude.

Lorsque l'ouvrière veut ajouter au faisceau soyeux (le *fil* propre-

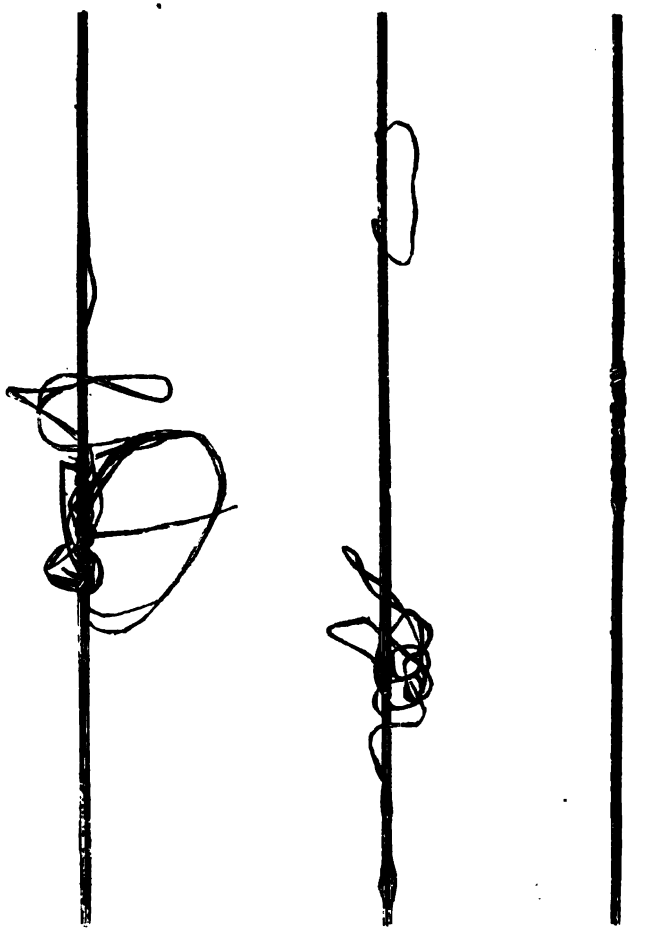


ment dit) un cocon nouveau *s'*, elle approche du bord de la lentille L le brin additionnel qui, simplement posé sur l'index et le

medius un peu écartés de la main droite, est aussitôt accroché par l'une des encoches du disque et forme l'angle obtus *a*, *a*, *a*.

Dans le second moment et en raison de sa vitesse, la lentille entraîne le brin en le doublant au sommet de l'angle, comme le montre la figure en *b*.

Fig.1. Fig.2. Fig.3.



L'extrémité libre contourne le tube tournant en dessus de I, tandis que le bout le plus rapproché du cocon décrit une hélice en dessous jusqu'au point *b'*; de là il s'enroule, en *c*, sur le fil animé d'un mouvement ascensionnel d'environ **200** *m* par minute.

Le brin nouveau, fixé sur le fil par une sorte de nœud de cravate et entraîné avec la vitesse indiquée, est rompu dans le court inter-

valle *b' c*. Soit que la rupture se produise par cisaillement entre le tube fixe et le tube rotatif, soit par une secousse analogue à celle que l'on exerce sur une mèche de fouet, sur une ficelle, en écartant brusquement les deux mains après avoir fait quelques tours morts autour de chaque main, l'effet a toujours lieu au même endroit, avec la même netteté et sur une égale longueur.

Les figures 1 à 3, obtenues à la suite de grossissements au microscope, représentent : 1° une rattache effectuée par une apprentie (fig. 1); 2° la rattache due à une habile ouvrière de la Condition publique des soies de Lyon (fig. 2); 3° la rattache mécanique réalisée par l'appareil jette-bouts de M. Camel (fig. 3).

Dans les deux premiers cas, le bout plus ou moins long, qui vient s'accrocher au fil, forme une sorte de *bouchon* irrégulier, de grosseur variable suivant le soin et l'habileté de la fileuse ; dans le troisième, le bout se noue autour du fil sans surépaisseur notable, sans emmêlage nuisible à l'éclat et à la translucidité de la soie.

De l'application du jette-bouts est née une méthode de dévidage, également mise en pratique sous les yeux des visiteurs de l'Exposition. L'appareil facilitant la tâche de la fileuse, il est devenu possible : 1° de confier à la même ouvrière un plus grand nombre de bouts; 2° de ralentir, dans une certaine mesure, le tirage de la soie ; par conséquent, de diminuer les ruptures et le déchet. Ces avantages s'obtiennent au moyen d'un groupement particulier d'asples indépendants qui, mieux que l'outillage habituel, se prêtent aux manipulations ultérieures.

L'excellence du procédé se trouvait sanctionnée à l'Exposition par un véritable tour de force : le tissage sur l'un des métiers de *la Buire*, à raison de 280 duites par minute, d'une chaîne grège à 11/13 deniers, filée avec les appareils Camel (1).

Mesures préventives contre les accidents. — A l'accroissement du domaine de la *mécanique* doivent correspondre les mesures propres à garantir le personnel contre les atteintes des engins multiples, dont il paye bien cher la collaboration, s'il oublie, un seul instant, leur inconscience.

Sous l'inspiration de la *Société industrielle de Mulhouse*, les constructeurs de la région de l'Est réalisent des appareils qui, sans compliquer le fonctionnement des machines, mettent l'ouvrier à l'abri de sa propre imprudence et de la négligence de ses compagnons d'atelier.

(1) Le titre de la soie est encore évalué par deniers et l'indication ci-dessus signifie que l'écheveau de 400 aunes pèse de 11 à 13 grains ; l'aune = 1,19 *m* et le grain = 0,053 *g*.

La *Société alsacienne de Constructions mécaniques* présentait dans son exposition, remarquable à tant de titres, un ensemble de moyens qui a fourni aux membres du *Congrès des accidents du travail*, entre autres, l'occasion d'une visite des plus intéressantes.

Parmi les mesures de précaution communes aux machines de filature et de tissage, il convient de noter, en première ligne, l'enveloppement de tous les pignons de rechange par des couvercles à charnières, et des autres engrenages par des panneaux de métal ajouré, facilement démontables.

Avec le *batteur* à coton, la plupart des accidents provenaient de ce que les ouvriers étaient tentés de soulever le couvercle des battes avant l'arrêt complet et se faisaient ainsi saisir par les organes en mouvement. Pour y remédier, un doigt métallique, fixé au dit couvercle, pénètre à travers l'encoche unique d'un disque à recouvrement, solidaire de l'arbre du batteur. Une fois le doigt logé dans la creusure ou gorge annulaire du disque et aussi longtemps que dure la rotation, il est impossible d'amener l'encoche vis-à-vis du doigt du couvercle, par conséquent de découvrir les battes.

L'un des organes dangereux des *cardes* était l'arbre horizontal placé à l'arrière de ces machines en vue d'actionner *l'appareil de sortie* de la *nappe* ou du *ruban ;* il arrivait que les vêtements de la soigneuse, toujours un peu flottants, s'enroulaient autour de cet arbre ; on y a obvié en enveloppant l'axe rotatif, d'une gaine fixe ou fourreau tubulaire.

Sur les *étirages*, l'application du débrayage électrique n'a pas seulement pour résultat d'assurer la régularité des *doublages*, en arrêtant la machine aussitôt qu'un ruban fait défaut ; dans le cas d'un accident de personne, l'ouvrière n'a qu'à rompre l'un quelconque des rubans ; la matière fibreuse qui, en marche normale, sert d'isolant, laisse alors communiquer entre elles les parties de la machine reliées séparément aux deux pôles de la source électrique et le circuit fermé détermine l'attraction de l'électro-aimant du débrayage.

Au *banc-à-broches*, le *mouvement différentiel* destiné à régler l'envidage doit demeurer inaccessible pendant le fonctionnement de la machine. La solution est encore fort simple. Aussi longtemps que l'une des portes, limitant extérieurement la cage réservée au mouvement différentiel, reste ouverte, cette porte empêche, par l'intermédiaire d'une tige rigide, la manœuvre du levier d'embrayage. Dès que la fermeture est assurée, le levier devient libre

et l'embrayage peut s'effectuer. D'autre part et par l'effet du même dispositif, la tringle s'oppose à l'ouverture des portes durant la marche.

Il arrive encore trop souvent que des enfants *(rattacheurs)* sont surpris, au moment de la *rentrée* d'un *métier renvideur*, entre le chariot mobile et le porte-système fixe. De semblables accidents toujours graves, entraînant quelquefois la mort de la victime, sont dus à ce que le rattacheur, chargé de passer sous le porte-système et sous les fils de l'aiguillée pour nettoyer le chariot à l'arrêt, n'est pas nécessairement vu par l'ouvrier fileur placé du côté opposé, au moment où le métier est remis en mouvement.

Le renvideur *self-acting* de la Société alsacienne porte un *verrou de sûreté*, que le rattacheur a soin de mettre avant de passer sous les cylindres cannelés et de dégager en se retirant. Le verrou enclenche le levier de commande qui correspond à la tringle d'embrayage sous la main du fileur. Le rattacheur se trouve donc soustrait aux effets redoutables d'une fausse manœuvre de la part de l'ouvrier dont il est l'aide immédiat.

Sans passer en revue tous les moyens préventifs qui ont fonctionné pratiquement dans les classes 54 et 55 et qui figurent dans un intéressant Album publié par M. Engel-Gros, nous signalerons encore le *pare-navette* recommandé par la *Société alsacienne de constructions mécaniques*. On sait qu'en raison de la vitesse imprimée à certains métiers à tisser, la navette saute parfois avec une force capable de déterminer de sérieuses blessures.

Le dispositif dont il s'agit consiste en deux tringles fixées à la partie supérieure du *battant*. Cette double tringle forme au-dessus du chemin parcouru par la navette une sorte d'armature, qui n'empêche pas le saut, mais qui amortit le choc au point de faire tomber la navette sans vitesse à l'extrémité de la châsse.

Ajoutons que les moyens préventifs et les règlements ne suffisent pas, si le personnel n'est périodiquement rappelé à l'observation des mesures de précaution indispensables. A ce propos, un membre du *Congrès des accidents du travail* a justement insisté sur l'utilité, dans tous les établissements industriels, de réunir à époques fixes et assez rapprochées les employés des divers ateliers et de leur lire à haute voix les articles réglementaires que chacun doit toujours avoir présents à l'esprit.

Grâce aux précautions prises, les accidents mortels sont moins fréquents dans les filatures et les tissages que dans les principales industries réputées dangereuses. Un tableau, exposé par le minis-

tère de la guerre (pavillon du *Service des poudres et salpêtres*); donnait à ce sujet une statistique fort instructive résumée ci-après:

ACCIDENTS MORTELS PAR 1 000 OUVRIERS ET PAR ANNÉE

Fabriques d'explosifs (industrie privée), 1879-1889 . .	26,90
Bâtiments armés pour la pêche en Islande, 1874-1883 .	9,20
Poudreries nationales françaises, 1820-1872.	3,63
Houillères (statistique générale).	3,37
Camionnage et roulage (statistique générale)	3,33
Exploitation des chemins de fer belges, 1879-1882. . .	2,97
Construction de chemins de fer, ponts, etc. (statistique générale).	2,94
Poudreries nationales françaises, 1873-1883.	2,61
Carrières (statistique générale)	2,34
Brasseries (statistique générale).	1,86
Exploitation des chemins de fer anglais, 1874-1887. . .	1,78
Travaux de maçonnerie et de charpenterie (statistique générale).	1,35
Exploitation des chemins de fer français, 1875-1885 . .	1,25
Poudreries nationales françaises, 1884-1889.	0,68
Fabrication des machines-outils (statistique générale) .	0,38
Industrie textile.	0,23

Si, au lieu de ne considérer que les cas mortels, l'auteur du tableau avait tenu compte des accidents moins graves, peut-être les rapports se fussent-ils trouvés modifiés; il n'en reste pas moins acquis que l'industrie textile est actuellement l'une des moins dangereuses. Les *associations d'industriels*, dont les Ingénieurs ont la délicate mission d'étudier et de faire adopter les mesures de précaution indispensables à la protection du personnel, ont le droit de revendiquer une large part dans les résultats obtenus et d'y puiser un nouvel encouragement pour l'avenir.

Echardonnage mécanique. — Depuis quarante ans environ la carde et le peigne s'alimentent de laines exotiques primitivement délaissées à cause du nombre de graines, chardons et pailles qui s'y rencontrent. A l'origine, les procédés d'échardonnage furent exclusivement mécaniques; puis l'industrie adopta des méthodes basées sur la carbonisation des matières végétales, préalablement désagrégées par un acide. Aujourd'hui de nombreux praticiens semblent revenir aux engins mécaniques.

Les premières machines présentaient l'inconvénient de fatiguer la laine, de diviser les graines et les pailles au sein de la masse fibreuse. Les acides ne détruisent pas les végétaux sans altérer quelque peu les filaments. Les moyens mécaniques récemment adoptés, au lieu d'ouvrir, de *dérouler* la graine du chardon, d'en subdiviser les débris, agissent par broyage. Humide ou sèche, la laine dégraissée est ouverte et parallélisée de façon à soumettre les matières végétales seules à l'action de cylindres métalliques à surface lisse, disposés par paires ; l'écartement et le développement de ces rouleaux sont calculés pour livrer passage aux mèches étirées sans les froisser, pour écraser, au contraire, les corps ligneux qui tombent, en partie, sous les organes concasseurs et dont le reste se détache aisément sur les autres machines de l'assortiment.

Plusieurs exposants revendiquant des moyens similaires, il suffit d'indiquer ici le principe du système nouveau, sans entrer dans la discussion des mérites et des droits individuels.

Les *cardes à laine* de la Belgique se faisaient surtout remarquer par la largeur des surfaces de travail. De semblables *arasements* sont possibles dans des usines outillées pour travailler sans discontinuité, sans changements fréquents de nuances, des lots considérables de matières premières ; néanmoins les résultats annoncés sous le rapport de la production ne compensent peut-être pas les frais d'entretien, les difficultés inhérentes au maniement et au réglage de cylindres longs de 1,80 *m*.

Avec le *coton*, nous sommes ramenés à l'exposition de la *Société alsacienne*, qui présentait deux perfectionnements importants de la *carde à chapeaux mobiles* :

1° *La surface sur laquelle glissent les chapeaux reste circulaire et concentrique au grand tambour dans toutes les positions que ladite glissière est appelée à occuper.*

Les quatre figures 27 à 30 de la planche 231, empruntées à la collection des constructeurs, font bien saisir la disposition imaginée dans ce but. L'un des cintres de la carde A, portant le palier du grand tambour, est muni d'une nervure saillante N, dont la partie extérieure *a* est tournée concentriquement à l'axe du grand tambour.

B est un anneau, dont la circonférence intérieure *b* est de même diamètre que la face extérieure *a* de la nervure N et peut tourner à frottement doux sur cette nervure. La face extérieure *b'* se présente sous la forme d'une spirale géométrique. Une roue d'engrenage venue de fonte avec B sert à déplacer cette pièce autour de son axe, au moyen des pignons *p p'* et de la vis sans fin *v*.

C'est une bande métallique et flexible dont la face interne c est également une spirale et dont la face externe est un cercle. Cette bande de métal supporte la série des chapeaux.

Les spirales *b'* et *c* sont exactement appliquées l'une contre l'autre au moyen d'un ruban d'acier, noyé dans l'épaisseur de C et terminé, à chaque bout, par une tige filetée et deux écrous.

D'après ce qui précède, le déplacement de gauche à droite ou de droite à gauche de l'anneau B détermine la diminution ou l'augmentation du rayon extérieur de la pièce C, c'est-à-dire le rapprochement ou l'éloignement des chapeaux, de la surface du grand tambour, sans jamais excentrer la courbe suivie par ces chapeaux.

2° *Le mouvement de la chaîne sans fin des chapeaux a lieu en sens inverse de la marche habituelle*, soit vers l'entrée de la carde, comme l'indique la flèche X.

Les chapeaux, commençant à travailler sur le devant de la machine, saisissent les gros *boutons*, qui sont enlevés immédiatement par l'appareil débourreur; il s'ensuit que, pendant le long trajet des chapeaux, les boutons ne peuvent être repris par le grand tambour, ni réduits en poussière. Le faible supplément de déchet résultant du système se trouve largement payé par une épuration plus complète.

Peignage des cotons courts. — La peigneuse de notre collègue, M. Imbs, exposée pour la première fois en 1878 et construite pour le traitement des cotons courts, a été, depuis cette époque, perfectionnée par son auteur avec une persévérance et une science pratique incontestables. Le peigne rectiligne du premier modèle est aujourd'hui remplacé par un peigne cylindrique de faible diamètre et de longueur proportionnée à la largeur de la machine. Ce peigne, renforcé intérieurement par un axe en acier, reçoit un double mouvement de rotation et de translation verticale alternative, pour que la denture puisse pénétrer progressivement et simultanément à travers les fibres de la *tête* et de la *queue*, dans l'intervalle des périodes d'arrachage et de soudure de la mèche.

Les transmissions de mouvements sont simples; le fonctionnement de la machine en est favorablement influencé.

Un rapport fournira prochainement dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale* les détails de cette peigneuse et d'une autre machine dite *banc d'affinage*, que l'inventeur de la première désire substituer au banc-à-broches; nous y ren-

voyons ceux de nos collègues que la question intéresse particulièrement.

Peigneuse Offermann et Ziegler. — Le nombre des peigneuses à filaments longs, basées sur le principe de Josué Heilmann, s'est encore accru dans la dernière période décennale L'un des modèles les mieux étudiés, que MM. Offermann et Ziegler ont spécialement destiné au travail des laines, est établi avec un soin caractéristique par la *Société alsacienne de Constructions mécaniques.*

Dans cette peigneuse, les cylindres, au lieu de s'avancer vers le peigne nacteur et la pince ouverte, pour opérer l'arrachage de la mèche, occupent une position invariable ; la pince, le nacteur et l'alimentation, par contre, se rapprochent et s'éloignent alternativement des cylindres. Le but est d'assurer plus de stabilité et de force à l'appareil arracheur

D'autre part, la construction du tambour peigneur, les déplacements latéraux imprimés à ce tambour, donnent la possibilité d'opérer sur des nappes épaisses.

Enfin les cames habituellement employées pour la commande des organes à mouvements variables ou intermittents sont remplacées par des bielles articulées, dont la combinaison se prête à une accélération notable de la machine; la vitesse de l'arbre moteur peut être portée de cinquante à quatre-vingts, quatre-vingt-dix et même cent tours par minute, sans donner lieu à des chocs.

Nous examinerons ces perfectionnements dans l'ordre où ils viennent d'être énumérés, en nous aidant des figures 1 à 10 de la planche 230.

La figure 1 donne une coupe verticale de la machine;
— 2 — vue latérale — —
— 3 — vue en plan.

1° *Appareil d'arrachage.* — Le tambour peigneur A est, selon la manière habituelle, débarrassé de la *blousse* par la brosse *b*, le tambour garni d'aiguilles *c* et le peigne détacheur *d*.

L'appareil arracheur B, dont les cylindres tournent dans des coussinets fixés au bâti, reçoit un mouvement rotatif intermittent et est muni du fouet *e* (système Dujardin) pour achever l'arrachage.

La pince C porte, comme sur les autres peigneuses, l'alimentation *f* et le peigne nacteur *g;* le mouvement en est combiné de façon à présenter alternativement la tête de mèche au tambour peigneur et à l'appareil arracheur.

Quatre périodes distinctes correspondent à un tour de l'arbre moteur.

Première période (Fig. 4). — La pince fermée se trouve au-dessus du tambour A, qui peigne la tête de mèche. Le fouet *e*, arrivé à la position inférieure extrême, presse sur la queue de la mèche précédemment arrachée afin de coucher toutes les fibres sur le cylindre arracheur inférieur.

Deuxième période (Fig. 5). — La pince avance vers l'appareil arracheur.

Au commencement de cette période, l'appareil d'alimentation et le peigne nacteur se retirent; la pince s'ouvre ensuite et s'approche de l'appareil arracheur, de façon à laisser entre le dernier et le peigne nacteur une place suffisante pour que l'alimentation puisse se faire pendant l'arrachage.

Troisième période (Fig. 6). — La pince s'arrête. A ce moment le fouet *e* se trouve dans la position supérieure extrême. Les cylindres arracheurs se sont mis en mouvement un peu avant l'arrêt de la pince, de façon à saisir les premiers brins de la tête de mèche pendant sa marche vers les cylindres; dès que les cylindres ont saisi la tête, le peigne nacteur et les gills de l'alimentation s'abaissent, puis avancent vers les cylindres; l'arrêt de la pince permet alors l'alimentation et l'arrachage simultanés.

Quatrième période (Fig. 7). — La pince se retire. Le fouet *e* s'abaisse pour achever l'arrachage de la queue de mèche avant que la pince ne soit fermée. Après la fermeture de la pince, le peigne nacteur se relève; en même temps la brosse *i*, qui oscille autour du centre *s* (voir fig. 8, l'amplification des détails), s'approche de ce nacteur pour le nettoyer et continue à descendre jusque sur le tambour peigneur afin de s'y nettoyer à son tour.

2° *Tambour peigneur*. — Dans les peigneurs du système Heilmann, le *segment* est ordinairement composé d'un certain nombre de barrettes à aiguilles, parallèles à l'axe du tambour cylindrique qui les porte. La finesse des aiguilles va en augmentant dans le sens même de la rotation du cylindre, chaque barrette possédant sur toute la longueur le même nombre de pointes.

Le segment ainsi constitué peigne proprement, à la double condition que les dernières barrettes soient garnies d'aiguilles très fines et que la pince soit réglée très près de la pointe de ces ai-

guilles. Mais cette manière de procéder fatigue les filaments et détruit le vrillement naturel qui assure l'élasticité de la laine.

On a essayé d'utiliser des garnitures de cardes boutées avec des aiguilles progressivement plus fines; ces garnitures ne sont pas assez résistantes pour pénétrer à fond dans la tête de mèche; les aiguilles insuffisamment rapprochées les unes des autres ne donnent pas une épuration complète; enfin la blousse est difficilement extraite.

Sur le tambour de la machine Offermann et Ziegler, les rangées d'aiguilles forment des parties de cercle dont les plans sont normaux à l'axe; chacune de ces fractions comporte les finesses d'aiguilles progressives nécessitées par le peignage, et un mouvement transversal alternatif imprimé au tambour soumet tous les filaments de la nappe à l'action de ces diverses dentures.

Les figures 9 et 10 montrent le tambour peigneur avec le nouveau segment *k;* l'intervalle des plaques à aiguilles *l* est de 3 à 4 *mm.* Cet intervalle et la longueur de chaque groupe d'aiguilles déterminent l'amplitude du mouvement latéral du cylindre. Si, comme dans la machine considérée, les plaques à aiguilles sont distantes entre elles de 4 *mm*, et que chaque groupe d'aiguilles présente une longueur circonférentielle de 20 *mm*, le tambour peigneur doit fournir, pour 20 *mm* de développement circulaire, 4 *mm* de déplacement transversal, et pour les sept groupes d'aiguilles $4 \times 7 = 28$ *mm*. La nappe est ainsi uniformément traversée par tous les groupes d'aiguilles.

Les aiguilles ne passant plus par rangées sous l'arête vive de la pince, mais les unes derrière les autres, il n'est pas nécessaire, avec le nouveau segment, d'exercer sur la pince une aussi forte pression, et il devient possible de soumettre au peignage une nappe plus épaisse, par conséquent, de produire aussi bien et davantage sans déchirer ni fatiguer les fibres.

Un autre avantage de cette construction se manifeste au débourrage du peigne. La brosse circulaire appliquée au segment Heilmann projette au loin une notable quantité de fibres qui devraient rester dans la blousse; les écartements ménagés entre les aiguilles du segment Offermann et Ziegler permettent à la brosse de pénétrer dans ces intervalles, de soulever la blousse et de l'extraire du peigne sans projection.

3° *Commande de la pince par bielles articulées.* — La pince (Fig. 1, 2 et 8) se compose de la mâchoire inférieure *r* et de la mâchoire

supérieure *t* oscillant autour du tourillon *s*. Au moyen du tourillon *s* (Fig 1, 2 et 3) la pince est suspendue aux bras *u* qui, d'autre part, oscillent autour des tourillons fixes *v*. La pince a un second point d'appui dans le tourillon *w*, qui oscille avec le levier coudé *g'*, autour de l'arbre *x* fixé au bâti.

Au levier coudé *g'* est suspendue la bielle *f'* qui, au moyen de tourillons, est reliée par la partie inférieure à la pièce *d'* oscillant autour de l'arbre *b'*. La pièce *d'* est terminée vers le bas par une tige cylindrique sur laquelle glisse la douille *h'*. Les tourillons latéraux de cette douille (Fig. 2, 11 et 12) sont guidés par les têtes de la bielle *z* et du levier *c'*, le dernier oscillant autour de l'arbre *a'*. La douille *h'* et, par conséquent, le point d'attaque de la bielle étant, selon la position de la manivelle *y*, approchés ou éloignés du centre d'oscillation *b'* par le bras *c'*, ce n'est plus le simple mouvement de la manivelle, mais un mouvement combiné qui est transmis à la pince et qui a pour effet d'en accélérer le déplacement au milieu de la course, d'en ralentir la vitesse aux points extrêmes.

Ce ralentissement est encore influencé par la position de la pièce *d'*. Au moment de l'arrachage, alors que la pince doit être presque fixe, la pièce *d'* se trouve, relativement à la bielle *f'*, au point mort (Voir fig. 2), l'influence du mouvement de la manivelle est réduite au minimum. Dans la position contraire (Fig. 1), l'immobilité de la pince n'étant plus nécessaire, le levier *d'* agit à angle droit sur la bielle *f'*.

En résumé, la combinaison cinématique a pour résultats de faire séjourner la pince près du peigneur et de l'appareil arracheur pendant tout le temps nécessaire, de ralentir l'oscillation de cette pince au commencement et à la fin pour l'accélérer considérablement au milieu et obtenir, dans un temps donné, un nombre d'arrachages impossible à atteindre avec les commandes par excentriques.

Le cadre de cette note nous oblige à passer sous silence bien des détails qui, sans doute, trouveront place dans les rapports du jury international et qui, sans constituer des inventions proprement dites, agrandiront le rôle de l'outillage mécanique. D'un autre côté, pour ne pas nous exposer aux redites, nous nous bornerons à mentionner les sujets déjà traités dans des rapports dont la chronique de notre dévoué collègue, M. Mallet, a fourni le consciencieux compte rendu : les ***métiers à tisser le tapis parisien***, sur lesquels l'inventeur, M. Duquesne, imite les tapis d'Orient avec

une grande simplicité de moyens (1); la *machine à laîner à chardons métalliques et à énergie variable*, de MM. Grosselin père et fils (2); la *mécanique-armure* et le *piquage accéléré*, de MM. Verdol et Cie, pour la substitution économique du papier au carton Jacquard (3); les *débrayages électriques*, de M. C. A. Radiguet (4).

Applications de l'électricité. — Longtemps tenue en suspicion, l'électricité se vulgarise dans les spécialités textiles ainsi que dans les autres industries. Sans parler de l'éclairage, les applications mécaniques se multiplient et se justifient toutes les fois qu'il convient de produire des effets instantanés.

On a déjà cité les débrayages des machines de filature. Plus de *quarante mille* appareils Radiguet sont montés sur les métiers de bonneterie. Un constructeur suisse, M. Edouard Dubied, reconnaissait qu'il lui eût été impossible de rendre utilement automatique la marche de son tricoteur à la main, s'il n'eût eu recours à l'électricité pour suspendre le fonctionnement des aiguilles en cas d'accident. Un inventeur français, M. Mouchère, emploie le courant électrique afin de régler avec une exactitude absolue le poids des pelotes de laine. M. Buxtorf, ingénieur-mécanicien bien connu des fabricants de bonneterie, se sert de l'électricité pour traduire en mailles de couleurs alternées les contours et le fond d'un dessin, préalablement tracé avec une encre isolante sur un cylindre métallique.

L'exposition des ateliers Diederichs fournissait une intéressante application du transport de la force motrice à distance. Isolés des moteurs voisins par des chemins de circulation, les métiers à tisser Diederichs étaient commandés par une dynamo, dont le moteur électrique se trouvait éloigné d'environ 200 *m*. Au début, la vitesse était fort irrégulière, s'accélérait ou diminuait outre mesure suivant le nombre de métiers en action et rendait le tissage impossible. D'autres exposants de la même classe, MM. Chaize frères, ayant, lors d'essais antérieurs à Saint-Étienne, éprouvé des difficultés analogues, furent autorisés à appliquer le moyen qui leur avait réussi. Ils interposèrent sur le circuit du courant un régulateur à force centrifuge, l'écartement des boules interrompant momentanément le courant lorsque les arbres de transmission tendaient à dépasser la vitesse normale.

(1) Voir *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale*, 1886, p. 242.
(2) — — — 1887, p. 673.
(3) — — — 1888, p. 105.
(4) — — — 1889, p. 243.

Pour éviter la fusion des points de contact, qu'aurait déterminée la succession des étincelles produites à chaque interruption, MM. Chaize avaient eu l'heureuse idée d'immerger ces contacts dans un récipient rempli d'eau ; l'installation, toute primitive, a bien fonctionné pendant la durée de l'Exposition.

Il serait injuste de citer le nom de MM. Diederichs sans rappeler l'excellence de leur construction. Les métiers qui sortent des ateliers de Bourgoin, ne sont pas appréciés seulement dans la région lyonnaise ; au Japon, l'adoption de cet outillage prépare la généralisation du tissage automatique.

Il convient aussi de mentionner particulièrement les modifications apportées par les *Chantiers de la Buire* au métier de MM. Lœserson-Wilke, de Moscou. Ces perfectionnements donnent la possibilité de tisser indifféremment tous genres de soieries à *pas ouvert*, à *pas mixte* ou à *pas clos*, à des vitesses variant, suivant besoin, de 90 à 150, 200, 250 coups par minute.

Métier à tisser Wassermann. — Il semble qu'à de certaines heures, les germes d'une invention, comme les semences emportées par le vent, tombent simultanément dans des terrains différemment préparés et séparés par de longues distances. Au moment où le Comité français de la Classe 55 admettait un métier *circulaire* à tisser, de dimensions considérables, qui n'a pu être achevé en temps utile, un exposant suisse, M. Wassermann, terminait le premier modèle d'un métier également circulaire, de proportions plus réduites, qui a fonctionné au premier étage de la galerie.

Cette rencontre s'explique aisément, car la grande production des métiers de bonneterie circulaires devait provoquer les recherches des inventeurs dans la direction du tissage proprement dit.

Les vingt petites ensouples, sur lesquelles est montée la chaine du métier suisse, sont placées à la partie inférieure du bâti et constituent un polygone de vingt côtés. La chaîne se déroule de bas en haut sur un anneau circulaire et prend ainsi la forme cylindrique ; les maillons que traversent les fils de chaîne, sont portés par des tiges radiales régulièrement espacées au-dessous d'un *peigne* annulaire. Au-dessus se produit le tissu, maintenu intérieurement par un anneau tendeur et appelé vers le haut du métier au moyen d'un régulateur d'enroulement. Le bord inférieur de l'anneau interne limite le *battage* de la trame. L'expression de battage doit s'entendre par analogie, car il est plus vrai de dire que le peigne serre la trame dent par dent, point par point.

Le centre du métier est occupé par une colonne creuse où tourne un arbre vertical commandant tous les mouvements : rotation du régulateur ; fonctionnement des *ratières* ou *armures* disposées en cercle pour actionner les aiguilles radiales et les maillons ; oscillation du peigne, sur lequel roule la navette, en vertu de son poids, de manière à occuper l'endroit le plus bas de la pièce oscillante tandis que le point le plus élevé presse la trame déroulée en hélice.

Le système est trop nouveau pour le juger sans imprudence ; toutefois, *a priori* et dans des cas déterminés, il présente un certain nombre d'avantages sur la construction des métiers connus.

Le tissage s'effectuant sans *à-coup*, sans chocs, sans mouvements brusques, l'usure de la chaîne est faible et les ruptures de fils peu fréquentes. L'évolution de la navette est continue, la vitesse uniforme ; il devient donc possible d'augmenter le poids et le volume de cette navette ; de plus, la continuité de la course hélicoïdale de la trame assure au fil une tension régulière. Le métier travaille sans bruit et l'usure des pièces mécaniques destinées, dans les autres métiers, à lancer la navette d'un bord à l'autre, à faire battre le peigne, etc., n'a point ici d'équivalent.

Par contre, le métier Wassermann ne se prête pas à l'emploi de plusieurs navettes, à la confection de véritables lisières, à la fabrication des velours. Tel qu'il est, il constitue une démonstration intéressante et la première étape d'une voie nouvelle.

Métier à fabriquer les filets de pêche, de MM. Galland et Chaunier. — La fabrication des tissus réticulaires était bien représentée dans la section française et, sans parler du métier de la maison Lenique Piquet et C^ie^, produisant de belles dentelles d'imitation, deux métiers pour filets de pêche figuraient dans la galerie.

La première machine de ce genre, créée par Buron et exposée en 1806, fut perfectionnée successivement par Pecquœur et par MM. Jouannin et C^ie^ (1). Le constructeur actuel, M. Zang, présentait, en 1889, un métier de 500 fils, qui marque un nouveau progrès.

A une époque relativement récente, M. Bonamy, associé de la maison Tailbouis, modifia avantageusement un autre système, d'origine anglaise, basé en partie sur le principe des métiers rectilignes pour bonneterie.

(1) Rapports du Jury International à l'Exposition universelle de 1867, t. IX, p. 215. — Rapports du Jury International à l'Exposition universelle de 1878. — Le matériel et les procédés de la corderie, de la filature, du tissage et des apprêts des étoffes, par Edouard Simon, p. 92.

Dans la machine Zang, les fils de chaîne tendus verticalement sont rebouclés sur eux-mêmes par des crochets tournants et les boucles ainsi formées sont traversées, puis nouées par un même nombre de bobines porte-trame, comparables, sauf dimensions, aux bobines des métiers à tulle ; la maille résulte de l'entrelacement de deux fils de chaîne adjacents et du nœud serré en cet endroit par la bobine correspondante (1).

Dans le métier Bonamy, le filet se produit transversalement à l'aide d'aiguilles analogues aux aiguilles de bonneterie, de crochets de *cueillage* (toujours comme pour la fabrication du tricot) et de crochets articulés d'une construction particulière (2).

Les deux systèmes ont leurs partisans et leurs détracteurs.

D'une façon générale, les pays du Nord ont adopté les filets à mailles nouées longitudinalement; les pêcheurs du Midi préfèrent les mailles transversales qui, pour ces consommateurs, possèdent le mérite d'être identiques aux produits manuels.

Le métier de MM. Galland et Chaunier, construit avec grand soin par la *Compagnie de Fives-Lille*, appartient au premier genre. De même que sur les métiers Zang, le filet est formé par des fils de chaîne et des fils de trame s'enlaçant et se nouant deux à deux; l'aspect général rappelle davantage la disposition des métiers à tulle ; la largeur du bâti permet également de fabriquer, à la demande, soit une seule nappe de filet, soit des bandes étroites avec lisières sur chaque bord. Mais, tandis qu'avec les métiers antérieurs, les fils de chaîne, envidés sur bobines et groupés sur un râtelier, cheminent librement de haut en bas et reçoivent une traction modérée, dans le système de MM. Galland et Chaunier, la chaîne est préalablement ourdie sous une tension capable de faire casser les fils défectueux. Il va de soi que cet ourdissage doit être réglé de manière à ne pas dépasser la limite d'élasticité de la chaîne. Ainsi comprise, la préparation supprime de nombreuses causes d'arrêt.

L'ensouple se déroule dans le bas du métier et la chaîne, en se développant, subit encore l'action d'un frein énergique pour assurer le serrage des nœuds et la régularité des mailles. Ce mode de fabrication a naturellement amené les constructeurs à renforcer les bâtis et les transmissions de mouvements.

Dans une notice fournie par les exposants se trouvent indiquées, en même temps que les avantages du métier Galland et Chaunier,

(1) Voir Armengaud aîné. *Publication industrielle*, 18e vol., pl. 37, p. 461.
(2) Voir *Cours de tissage*, par Edouard Gand, t. II, p. 414 et suivantes.

les fonctions des organes concourant à la formation du nœud. Nous en extrayons la dernière partie et faisons suivre cet extrait d'une série de dessins due à l'obligeance de M. Duval, directeur général de la Compagnie de Fives-Lille. Les figures et les légendes qui les accompagnent feront saisir les phases successives du travail (voir pl. 231, fig. 31 à 39).

Les organes essentiels de la machine sont les suivants :

1° Deux barres à *boltz*, l'une fixe et l'autre mobile suivant le sens longitudinal du métier, dans lesquelles se meuvent les chariots ou navettes contenant les fils de trame ;

2° Deux cylindres cannelés régnant sur la longueur du métier et servant à l'entraînement des chariots sur les barres à boltz ;

3° Une barre à aiguilles portant un nombre d'aiguilles égal à celui des fils de chaîne ;

4° Une barre de *doigts*, munie de saillies en forme de doigts coudés et en même nombre que les aiguilles ci-dessus ;

5° Une barre à crochets, sorte de lame à dents de scie reposant sur la barre des doigts et recevant un mouvement de translation longitudinale ;

6° Une barre à tubes, garnie de petits tubes en acier pour guider et distribuer les fils sur les aiguilles et sur les doigts ;

7° Un rouleau-ensouple tournant librement sur ses tourillons et pourvu, à chaque extrémité, d'un frein réglable à volonté ;

8° Un cylindre guide-fils avec gorges en nombre égal à celui des fils de chaîne et destiné (*a*) à maintenir chaque fil dans sa position relative, (*b*) à céder, en montant, la longueur de fils de chaîne nécessaire pour former autour des doigts et des aiguilles, les boucles dans lesquelles doivent passer les navettes, (*c*) à reprendre, en descendant, la longueur de fils devenue libre au moment où les doigts remontent pour lâcher les nœuds sur les aiguilles, (*d*) à donner aux fils de chaîne la tension nécessaire au serrage de ces nœuds ;

9° Trois rouleaux entraîneurs garnis de caoutchouc ;

10° Un guindre sur lequel s'enroule le filet.

Machine automatique à enfiler les aiguilles des métiers à broder. — L'outillage de la broderie mécanique, exposé avec le matériel du tissage, serait plus à sa place dans la classe des machines à coudre ; car le seul lien entre les deux spécialités est le produit tissé formant support de la broderie ; qu'il s'agisse de *plumetis* ou de *point de chaînette*, l'organe essentiel est l'aiguille.

Comme pour la plupart des industries, les perfectionnements sont nombreux, mais généralement limités à des détails de construction, à des transformations partielles, à des adaptations de mécanismes utilisés sur d'autres appareils. Une machine, toutefois, fait exception et c'est encore la Suisse qui a mis au jour cette invention originale.

On sait que les métiers à broder du système Heilmann sont composés d'un cadre vertical mobile, portant l'étoffe à broder et solidaire d'un pantographe. Les déplacements de la pointe du pantographe déterminent le transport du tissu devant une rangée d'aiguilles horizontales, que deux chariots porte-pinces (symétriquement placés sur les faces opposées de l'étoffe) saisissent tour à tour, en se rapprochant et s'éloignant alternativement.

De cette disposition ressort la nécessité d'employer des aiguilles à deux pointes, à chas unique au milieu de la longueur, et aussi de nouer le fil autour de l'aiguille pour empêcher qu'il n'échappe sous la traction des pinces.

Enfilage et nœud s'effectuaient jusqu'à présent à la main. MM. F. Saurer et fils, d'Arbon, qui se sont fait une spécialité de la construction des métiers à broder (1), réalisent mécaniquement ces opérations.

Les aiguilles à enfiler sont déposées dans un récipient, d'où elles sortent automatiquement une à une. Le fil continu d'une bobine s'avance au-devant de l'aiguille, est enfilé, coupé de longueur et noué ; l'aiguille prête à employer est alors transportée par la machine, qui la pique sur une pelote. Les mouvements se succèdent à raison de 50 tours d'arbre par minute, soit près d'une aiguillée par seconde et 300 000 environ par journée de dix heures, soit encore l'équivalent du travail de six ouvrières.

Les figures 14 à 26 de la planche 230 montrent la décomposition des mouvements de l'ingénieuse machine Saurer ; la figure 13 représente l'ensemble des organes vus latéralement, en élévation.

Les diverses périodes du travail peuvent se résumer comme suit :

1° Prise d'une aiguille extraite du réservoir-trémie et transport à une place déterminée.

2° Placement de l'aiguille de manière que le chas se trouve en dessus.

3° Enfilage du fil à travers l'aiguille.

(1) L'établissement Saurer fondé en 1853 a fourni, depuis cette époque, 7 500 métiers à broder.

4° Formation du nœud et coupe du fil.

5° Fiche des aiguilles enfilées, les unes à côté des autres et en ligne droite, sur une pelote.

1° La prise et le transport de l'aiguille sont représentés dans les figures 14 à 17. Le récipient A des aiguilles, en forme de trémie, se trouve fermé, à la partie inférieure, par un châssis horizontal B, qui va et vient sous l'action d'une manivelle ; la figure 14 montre le point extrême du déplacement vers la droite, et la figure 15, la position inverse. Au cours de ce mouvement alternatif, une aiguille tombe dans l'entaille *a* de la pièce B (fig. 15). Au-dessous de cette dernière se voit une plaque *b*, à travers laquelle est ménagée l'ouverture *c*. Par suite du va-et-vient de B, l'aiguille logée dans l'entaille *a* passe à travers la pénétration *c* de la plaque *b* et arrive sur la plate-bande inférieure *d*, qu'une pièce intermédiaire solidarise latéralement avec la coulisse B. En d'autres termes, les plaques B et *d* forment un double pousseur. Lorsque l'ensemble se meut vers la gauche, comme dans la figure 15, l'aiguille tombe de la plate-bande *d* sur une sorte de marche ou gradin *g*.

2° Pour que l'aiguille (représentée dans la figure 16 à une échelle agrandie,) se place automatiquement dans la situation voulue, les constructeurs ont ménagé sur la pièce *g* une saillie *h* (fig. 17) dont la largeur et l'épaisseur correspondent à la partie amincie de l'aiguille (voir fig. 16).

Pendant que l'aiguille roule sur le plan incliné qui termine la coulisse *a*, la saillie *h* fixe cette aiguille de telle sorte que le chas reste perpendiculaire au plan de ladite saillie. Ainsi placée (fig. 17), l'aiguille est ensuite maintenue par un levier *l*, qui presse sur l'une des moitiés *k* de l'aiguille (fig. 18).

3° L'enfilage s'effectue au moyen d'un crochet (fig. 18) qui, en s'abaissant, traverse le trou de l'aiguille pour saisir le fil en dessous et le tirer en dessus.

4° La formation du nœud s'obtient à l'aide d'une broche H, représentée en élévation (fig. 19) et en plan (fig. 20). Cette pièce, qui reçoit simultanément un double mouvement alternatif de rotation et de translation verticale, porte, à la partie supérieure, une traverse H^1, munie de deux chevilles H^2, H^3, de formes caractéristiques.

La cheville H^3 se termine, vers le haut, par deux cornes, dont l'une un peu plus élevée que l'autre ; de plus, elle est fendue et la base de la fente est arrondie en demi-cercle. Le fil chemine

dans la direction indiquée par les flèches, c'est-à-dire de la cheville H^3 à la cheville H^2.

La figure 19 indique la position initiale, la figure 21 montre la broche après qu'elle a décrit un arc de 180°, et la figure 22, la même broche ayant achevé un tour complet. Cette évolution terminée, la tête de la broche s'appuie contre l'aiguille solidement maintenue par la pince *l* (fig. 18), et la boucle formée (comme fig. 22) occupe, par rapport à l'aiguille, la position indiquée dans la figure 23.

Au même moment, le crochet *m* tire le fil de bas en haut à travers l'œil de l'aiguille et des ciseaux spécialement disposés coupent l'extrémité gauche du fil à la longueur requise. Les situations respectives du crochet, de la broche et de l'aiguille sont représentées dans la figure 24.

Une seconde pince L (fig. 25) saisit l'aiguille et la tire à travers la boucle formée par le fil, de manière à serrer le nœud, qui est encore retenu un instant par la plus longue pointe de la goupille H^2.

La pince L est montée sur une plaque M, qui va et vient dans la direction indiquée par la flèche ; d'autre part, l'axe N porte un pignon *r*, engrenant en dessous avec une roue dentée fixe *s*. D'après cela, la pince avance et recule et, simultanément, tourne de 180° pour saisir l'aiguille à gauche et, après un demi-tour à droite, pousser cette aiguille dans la pelote O (fig. 26).

L'inspection de la figure 13 suffit à démontrer que, sauf l'apport des aiguilles dans le récipient A, le fonctionnement est entièrement automatique. Le levier N à crochet N' (visible dans la figure 13) a pour but de ranger parallèlement les aiguillées au fur et à mesure qu'elle sont coupées.

Enfin, la machine peut être mue par courroie et munie d'un appareil de débrayage qui interrompt le fonctionnement de l'outil, lorsque les aiguilles viennent à manquer.

Il nous reste à conclure, mais auparavant nous avons l'agréable devoir de remercier ici tous ceux qui ont bien voulu nous fournir des renseignements, notamment M. de Chardonnet, M. Camel, M. Brondel, contremaître de tissage des *Chantiers de la Buire*, M. Engel, ingénieur, et M. Hofer, représentant de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, M. Duval, directeur général et M. Ribourt, ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille, MM. Saurer et fils.

Malgré sa longueur et pour les motifs indiqués au début, ce compte rendu est nécessairement incomplet ; un volume n'eût pas suffi à décrire en détail les machines perfectionnées des classes 54 et 55, à étudier, entre autres, les machines à préparer et à filer la laine peignée sorties des ateliers de Bitschwiller-Thann (Alsace), les machines à doubler, à retordre, à ourdir, de la maison Ryo-Catteau, les divers appareils réunis dans l'exposition de M. Grün, les cardes à laine construites par MM. Alexandre père et fils, les métiers à tisser de l'établissement Gaspard Honegger, de la *Sœchsische Webstuhl Fabrik*, de la Société verviétoise, de la maison Snœck ; enfin, à rappeler les remarquables créations de l'un des doyens des inventeurs français, M. Augustin Vimont, de Vire, qui, plus que tout autre, a étendu le domaine du métier à filer continu, au grand profit de nombreux imitateurs étrangers.

De l'ensemble se dégage nettement un double fait : pour la France, la disparition progressive et rapide des constructeurs de machines spéciales aux industries textiles ; pour le monde entier, l'accroissement incessant des moyens de production.

L'un de nos vice-présidents, M. S. Périssé, avec autant de modération que d'autorité, a signalé la cause directe de la ruine de nos constructeurs et montré que « les droits de douane ne protègent » pas suffisamment les mécaniciens français, puisque ces droits » ne sont pas compensateurs au point de vue du prix de revient, » c'est-à-dire tous bénéfices mis de côté (1) »

Une autre cause d'infériorité tient au défaut d'enseignement technique dans les écoles supérieures.

N'est-il pas surprenant qu'une institution portant le beau titre d'École centrale des *Arts et Manufactures* néglige absolument une industrie dont le commerce spécial (importations et exportations) s'élève à environ deux milliards de francs par année et pour la France seulement (2) ?

(1) Du prix de revient des machines en France, en Angleterre, en Allemagne. — Conclusions au point de vue de l'importation et de l'exportation, par S. Périssé. *Bulletin* 1884, p. 275 et 293.

(2) ANNÉE 1888

COMMERCE SPÉCIAL

Matières premières :	Importations. — Valeurs. — francs.	Exportations. — Valeurs. — francs.
Laines	341.252.278	131.284.196
Soies	192.041.978	116.900.668
Coton	157.779.276	34.906.985
Lin et chanvre	84.629.549	14.494.412
Jute	19.037.683	1.056.398
A reporter	794.740.764	298.642.659

En vain pourrait-on objecter que le programme des cours est surchargé, qu'à la sortie de l'École l'élève diplômé est apte à se spécialiser, que, s'il en était besoin, les exemples de cette spécialisation ne manqueraient pas. Il n'en est pas moins vrai que des pays trouvent le moyen de mener de front l'étude des sciences générales et des spécialités qui nous occupent aujourd'hui; que certaines vocations sont, pour ainsi dire, latentes et se manifestent seulement à la faveur de circonstances exceptionnelles, lorsque des études préparatoires ne leur viennent pas en aide; qu'au point de vue des procédés à étudier, des branches nouvelles à créer, de la concurrence à soutenir, de l'influence à exercer au dehors, il existe là une dangereuse lacune.

Le second fait, l'extension du domaine de la mécanique appliquée, entraîne tout d'abord la surproduction, car la machine a pour but immédiat de produire aussi bien et beaucoup mieux que la main. Les autres conséquences apparaissent ensuite et la substitution du travail mécanique au travail manuel fournit la possibilité d'améliorer les conditions du salaire. La transition seule est redoutable et constitue pour notre époque une source de crises tantôt générales, tantôt localisées. La grande difficulté contemporaine est d'accomplir pacifiquement cette évolution et de ne point s'arrêter dans la voie du progrès qui doit, en définitive, profiter à l'humanité tout entière.

	francs	francs
Reports. . .	794.740.764	298.642.659
Fils et tissus.		
Laines	79.262.548	360.535.122
Soies.	50.482.606	223.171.176
Coton.	66.790.292	108.843.467
Lin et chanvre.	13.386.864	18.138.717
Jute.	1.805.253	6.390.032
	1.006.468.327	1.015.721.973

NOUVELLES FORMULES

POUR LE

CALCUL DES PIÈCES

SOUMISES

A DES EFFORTS DE FLEXION OU DE TORSION

PAR

L. REY

Les matériaux employés dans la construction sont généralement définis par leur résistance à la rupture et leur limite d'élasticité sous l'action d'efforts produisant exclusivement une extension simple.

Ces données suffisent pour déterminer la section de pièces devant résister à des efforts de traction ou de compression ; mais elles sont tout à fait insuffisantes pour les pièces qui ont à subir des efforts de flexion ou de torsion.

On sait, en effet, que les fibres d'une même matière peuvent supporter, sans se rompre ou sans se déformer d'une manière permanente, des efforts de valeur très différente suivant qu'elles travaillent par extension simple, par flexion ou par torsion.

Il peut même arriver, pour une certaine forme de section de la pièce, que la limite d'élasticité à la flexion soit supérieure à la limite de rupture à l'extension simple.

Cela se présente notamment pour une lame d'acier à ressort, à section rectangulaire, dont la résistance à la rupture, par extension simple, est de 100 à 105 *kg* par mm^2 de section, la limite d'élasticité, aussi à l'extension simple, comprise entre 60 et 70 *kg*, et qui peut s'enrouler, sans déformation permanente, c'est-à-dire

sans qu'on ait dépassé la limite d'élasticité à la flexion, sur un cylindre dont le diamètre varie de 170 à 200 fois son épaisseur.

Dans cette expérience, l'allongement que subissent les fibres extrêmes est de 5 à 6 *mm* par mètre sans que la limite d'élasticité à la flexion soit dépassée, tandis que l'allongement correspondant à la rupture par extension simple n'est que de 5 à 5,25 *mm*.

Il faudrait donc pour pouvoir appliquer les formules de résistance à la flexion et à la torsion, avec autant de sécurité que celles à l'extension simple, connaître la résistance à la rupture et la limite d'élasticité à la flexion et à la torsion des différents corps qui n'ont été étudiés jusqu'ici qu'au point de vue exclusif de l'extension simple.

On arriverait au même résultat si on connaissait les rapports qui peuvent ou qui doivent exister entre les résistances de rupture et les limites d'élasticité de différents corps quand on les soumet à des efforts d'extension simple, de flexion ou de torsion.

En l'absence d'expériences directes et dans le but de faire cesser l'incertitude qui règne toutes les fois qu'on a à appliquer des formules de résistance à la flexion ou à la torsion, alors qu'on ne dispose que de coefficients se rapportant à l'extension simple, nous avons cherché à déterminer les rapports en question et nous croyons être arrivé à une solution approchée en faisant une hypothèse nouvelle sur la déformation des prismes.

Cette hypothèse consiste à admettre qu'il faut dépenser le même travail pour obtenir une déformation infiniment petite entre deux sections infiniment voisines, qu'on agisse par extension simple, par compression simple, par flexion ou par torsion.

Ce point de départ admis, il est facile de déterminer à quel coefficient travailleront les fibres les plus fatiguées dans chacun des cas examinés, et par conséquent déterminer aussi les coefficients d'équivalence donnés par les rapports de ces coefficients de travail.

Si notre hypothèse se vérifiait sur un certain nombre d'applications usuelles, on pourrait adopter, au moins provisoirement, et jusqu'à détermination de données plus précises, les coefficients d'équivalence que nous proposons, et alors on aurait la possibilité d'employer, avec une certitude suffisante pour la pratique, les formules de résistance à la flexion et à la torsion tout en ne possédant que des données relatives à l'extension simple.

Nous allons développer ci-après la marche que nous avons suivie et nous terminerons par un certain nombre d'applications à des

cas très divers qui donneront une idée du degré de confiance qu'on pourra accorder à nos coefficients d'équivalence et aux nouvelles formules de résistance que nous proposons.

NOTATIONS EMPLOYÉES

R_a = Coefficient de travail des fibres sous l'action d'efforts d'extension simple.

R_c = Coefficient de travail des fibres sous l'action d'efforts de compression simple.

R_f = Coefficient de travail des fibres les plus fatiguées sous l'action d'efforts produisant la flexion.

R_t = Coefficient de travail des fibres les plus fatiguées sous l'action d'efforts produisant la torsion.

μ = Moment fléchissant dans la section considérée.

μ_t = Moment de torsion dans la section considérée.

Ω = Surface de la section considérée.

I = Moment d'inertie de la section considérée par rapport à un axe passant par son centre de gravité.

I_o = Moment d'inertie polaire de la section considérée.

v', v'' = Distances à l'axe passant par le centre de gravité de la section, des fibres les plus éloignées dans le cas de pièces soumises à des efforts de flexion, v' étant toujours plus grand que v'' quand la section n'est pas symétrique par rapport à l'axe considéré.

v = Distance à l'axe de torsion des fibres les plus éloignées dans le cas de pièces soumises à des efforts de torsion.

E = Coefficient d'élasticité à l'extension de la matière employée.

α = Allongement des fibres considérées, par mètre de longueur.

T_a, T_f, T_t = Travail nécessaire pour produire la déformation de la pièce considérée, entre deux sections infiniment voisines, par extension simple, par flexion et par torsion.

$K_f = \frac{R_f}{R_a}$ = Coefficient d'équivalence ou rapport entre les coefficients de travail des fibres soumises à des efforts de flexion et à des efforts d'extension simple.

$K_t = \frac{R_t}{R_a}$ = Coefficient d'équivalence, ou rapport entre les coefficients de travail des fibres soumises à des efforts de torsion et à des efforts d'extension simple.

I. Flexion.

Lorsqu'une pièce de section Ω est soumise à un effort d'extension simple égal à R_a par unité de surface, il faut développer un travail donné par l'expression suivante pour produire, entre deux sections infiniment voisines, un allongement infiniment petit représenté par $d\alpha$:

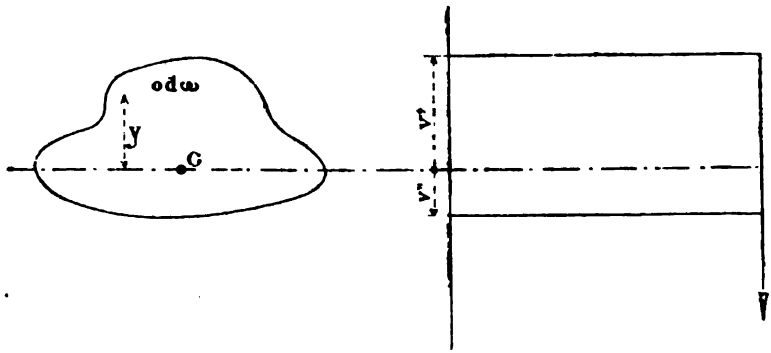
$$T_a = \frac{\Omega R_a d\alpha}{2} \qquad (1)$$

Cette expression peut se mettre sous la forme suivante en se rappelant que $d\alpha = \frac{R_a}{E}$.

$$T_a = \frac{\Omega R_a^2}{2 E}. \qquad (2)$$

Si nous appliquons le même travail à produire, au moyen de la flexion, une déformation de la même pièce entre deux sections infiniment voisines, nous produirons sur les fibres les plus fatiguées des efforts d'extension et de compression dont nous allons déterminer la valeur.

Supposons une pièce encastrée à l'une de ses extrémités, et supportant à l'autre une charge tendant à la faire fléchir comme l'indique le croquis ci-dessous :



Les fibres comprises dans la partie de la section Ω située au-dessus de la ligne des fibres neutres s'allongeront, tandis que celles comprises dans la partie complémentaire se raccourciront.

Le travail nécessaire pour allonger les fibres de la partie supérieure aura pour valeur, en appelant :

$d\omega$ un élément de la surface Ω,

r_a le coefficient auquel travaille cet élément à l'extension,

$d\alpha = \frac{r_a}{E}$ l'allongement que subit cet élément,

y = la distance de cet élément à la ligne des fibres neutres.

$$T^v = \int_{y=o}^{y=v'} \frac{d\omega \cdot r_a \cdot d\alpha}{2} = \frac{1}{2E} \int_{y=o}^{y=v'} r_a^2 \, d\omega. \qquad (3)$$

Si on désigne par R'_f le coefficient de travail des fibres les plus éloignées de la ligne des fibres neutres, on aura :

$$\frac{r_a}{y} = \frac{R'_f}{v'},$$

d'où l'on tire :

$$r_a = \frac{y R'_f}{v'},$$

remplaçant dans (3) on aura :

$$T' = \frac{R'^2_f}{2 E v'^2} \int_{y=o}^{y=v'} y^2 \, d\omega ; \qquad (4)$$

mais $\int_{y=o}^{y=v'} y^2 \, d\omega$ est la valeur du moment d'inertie de la partie de la section Ω située au-dessus de la ligne des fibres neutres. Si nous appelons cette valeur I', nous aurons en substituant dans (4) :

$$T' = \frac{R'^2_f I'}{2 E v'^2}. \qquad (5)$$

Le travail nécessaire pour comprimer les fibres situées au-dessous de la ligne des fibres neutres se déterminerait de la même manière et on aurait :

$$T'' = \frac{R''^2_f I''}{2 E v''^2}, \qquad (6)$$

en désignant par :

R''_f le coefficient auquel travaillent à la compression les fibres les plus fatiguées ;

I'' le moment d'inertie de la partie de la surface Ω située au-dessous de la ligne des fibres neutres;

On a entre les valeurs R'_f et R''_f la relation suivante :

$$\frac{R'_f}{R''_f} = \frac{v'}{v''};$$

d'où l'on tire :

$$R''_f = \frac{R'_f v''}{v'},$$

remplaçant dans (6) on aura :

$$T'' = \frac{R'_f I''}{2 E v'^2}, \qquad (7)$$

et le travail total nécessaire pour déformer la section entière Ω aura pour valeur :

$$T_f = T' + T'' = \frac{R'^2_f}{2 E v'^2} (I' + I'') = \frac{R'^2_f I}{2 E v'^2}. \qquad (8)$$

Partant de notre hypothèse que le travail de déformation sera le même, qu'il s'agisse d'extension simple ou de flexion, on pourra égaler les expressions (2) et (8) et on aura :

$$T_a = T_f = \frac{\Omega R_a^2}{2E} = \frac{R_f'^2 I}{2Ev'^2},$$

d'où l'on tire :

$$R_f' = R_a v' \sqrt{\frac{\Omega}{I}}.$$

On aura donc pour coefficient d'équivalence :

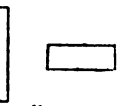
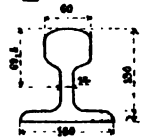
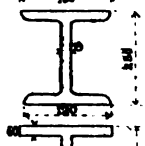
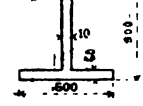
$$K_f = \frac{R_f'}{R_a} = v' \sqrt{\frac{\Omega}{I}}. \qquad (9)$$

Il résulte de l'examen de cette formule (9) que plus le rapport $\frac{\Omega}{I}$ de la surface de la section à son moment d'inertie sera grand, plus la valeur de K_f sera grande aussi.

Il s'ensuit que la forme de la section qui donnera la plus grande valeur de K_f sera celle dans laquelle la matière sera concentrée dans le voisinage de la ligne des fibres neutres ; c'est le cas du losange.

Au contraire, la forme de la section qui donnera la plus petite valeur de K_f sera celle dans laquelle la matière sera concentrée le plus loin possible de la ligne des fibres neutres ; c'est le cas d'une section à double I à semelles épaisses et à âme mince, comme dans les poutres de pont.

On trouvera dans le tableau ci-dessous la valeur du coefficient d'équivalence K_f pour un certain nombre de sections qui pourront servir de types.

		Ω	I	v'	K_f
Losange		»	»	»	$\sqrt{6} = 2{,}45$
Cercle		»	»	»	2
Rectangle		»	»	»	$\sqrt{3} = 1{,}732$
Rail P.-L.-M. de 38,950*kg*		0.00.49.97	0,000.041.4	0,069.5	1,45
Brancards de wagons. .		0.00.30.50	0,000.032	0,125	1.23
Poutre de pont.		0.08.92	0.343	2.500	1,27

Dans une pièce soumise à des efforts de flexion, on a pour valeur des coefficients de travail des fibres les plus fatiguées :

$$R'_f = \frac{v'\mu}{I}, \qquad (10)$$

et

$$R''_f = \frac{v''\mu}{I}. \qquad (11)$$

Si on veut relier ces valeurs de R à celles correspondant à des efforts d'extension ou de compression simples, il faudra les diviser par le coefficient d'équivalence K_f et on aura :

$$(R_a \text{ ou } R_c) = \left(\frac{R'_f}{K_f} \text{ ou } \frac{R''_f}{K_f}\right) = \left(\frac{v'\mu}{IK_f} \text{ ou } \frac{v''\mu}{IK_f}\right) = \frac{\mu}{\sqrt{\Omega I}} \qquad (12)$$

Ainsi une pièce soumise à des efforts de flexion, dont les fibres les plus fatiguées travaillent aux coefficients R'_f et R''_f donnés par

les formules (10) et (11), serait dans les mêmes conditions de résistance qu'une pièce de même section dont les fibres travailleraient à l'extension simple ou à la compression simple aux coefficients R_a ou R_r donnés par la formule (12).

Les pièces travaillant à la flexion devraient donc être calculées par la formule :

$$\mu = R_a \sqrt{\Omega I} \qquad (13)$$

aux lieu et place de la formule usuelle :

$$\mu = \frac{RI}{v'},$$

si on voulait se servir directement du coefficient de travail R_a se rapportant à l'extension simple.

II. Torsion.

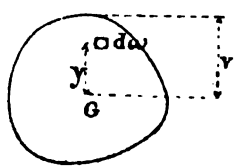
Le travail nécessaire pour produire une déformation par extension simple est donné par l'expression (2) établie plus haut :

$$T_a = \frac{\Omega R_a^2}{2E}. \qquad (2)$$

Si la même pièce est soumise à des efforts de torsion, on aura pour expression du travail nécessaire pour obtenir une déformation entre deux sections infiniment voisines, en désignant par :

r_a le coefficient auquel travaille l'élément $d\omega$,

y la distance à l'axe de torsion de l'élément $d\omega$.



$$T_t = \int_0^v \frac{d\omega . r_a . da}{2} = \frac{1}{2E} \int r^2 \omega .$$

Mais on a la relation :

$$\frac{r_a}{R_t} = \frac{y}{v},$$

d'où l'on tire :

$$r_a = \frac{R_t y}{v},$$

remplaçant dans l'expression précédente on aura .

$$T_t = \frac{R_t^2}{2Ev^2} \int_0^v d\omega y^2.$$

Mais $\int_0^v d\omega\, y^2$ n'est autre que le moment d'inertie I_o de la section considérée. On aura donc finalement :

$$T_t = \frac{R_t^2 I_o}{2 E v^2}. \qquad (14)$$

Si nous égalons les expressions (2) et (14) nous aurons :

$$T_a = T_t = \frac{\Omega R_a^2}{2 E} = \frac{R_t^2 I_o}{2 E v^2},$$

d'où l'on tire :

$$R_t = R_a v \sqrt{\frac{\Omega}{I_o}}$$

On aura donc pour coefficient d'équivalence :

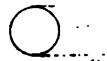
$$K_t = \frac{R_t}{R_a} = v \sqrt{\frac{\Omega}{I_o}}. \qquad (15)$$

expression analogue à celle trouvée pour la valeur du coefficient d'équivalence à la flexion.

L'examen de cette formule (15) montre que la forme de la section qui donnera la plus grande valeur de K_t sera celle dans laquelle la matière sera concentrée dans le voisinage de l'axe de torsion ; c'est le cas du cercle.

Au contraire, la forme de la section qui donnera la plus petite valeur de K_t sera celle dans laquelle la matière sera concentrée le plus loin possible de l'axe de torsion ; c'est le cas d'une section annulaire de faible épaisseur par rapport au diamètre.

La valeur du coefficient d'équivalence K_t est indiquée ci-dessous pour quelques sections types :

Cercle . . . . .  $K_t = \sqrt{2} = 1{,}414.$

Section annulaire mince. . . $K_t = \sqrt{\frac{2(1-m^2)}{1-m^4}}$,

si $m = 0{,}9$, $K_t = 1{,}05$.

$d = m\,D$

Rectangle . . . . . $K_t = \sqrt{3} = 1{,}732.$

Dans une pièce soumise à des efforts de torsion, la valeur de R_t est donnée par la formule usuelle :

$$R_t = \frac{\mu_t v}{I_o}. \qquad (16)$$

Si on veut relier cette valeur à celle R_a correspondant à l'extension simple, il faudra la diviser par le coefficient d'équivalence K_t, déterminé ci-dessus, et on aura :

$$R_a = \frac{R_t}{K_t} = \frac{\mu_t}{\sqrt{\Omega I_o}}. \qquad (17)$$

Ainsi, une pièce soumise à des efforts de torsion, et dont les fibres les plus fatiguées travaillent au coefficient R_t donné par la formule (16), serait dans les mêmes conditions de résistance qu'une pièce de même section qui travaillerait à l'extension simple au coefficient R_a donné par la formule (17).

Les pièces travaillant à la torsion devraient donc être calculées par la formule suivante :

$$\mu_t = R_a \sqrt{\Omega I_o} \qquad (18)$$

aux lieu et place de la formule usuelle :

$$\mu_t = \frac{R I_o}{v},$$

si on voulait se servir directement du coefficient de travail R_t se rapportant à l'extension simple.

III. Applications des formules nouvelles et des coefficients d'équivalence à différents cas de la pratique.

A. — Lame de scie à ruban.

Une lame de scie de 0,9 *mm* d'épaisseur, faite avec de l'acier présentant une résistance à la rupture, par extension simple, de 167 *kg* par millimètre carré de section et devant avoir une limite d'élasticité à l'extension de 110 à 120 *kg*, a été enroulée sur un cylindre de 0,15 *m* de diamètre sans subir de déformation permanente. Enroulée sur un cylindre de 0,13 *m* de diamètre, elle a conservé une flèche sensible; la limite d'élasticité, à la flexion, avait donc été dépassée dans cette dernière expérience.

Avec un rayon de courbure de $\frac{0{,}15}{2} = 0{,}075$ *m*, les fibres devaient travailler au coefficient suivant en prenant le coefficient d'élasticité à l'extension de l'acier employé égal à 30×10^9 :

$$R_f = \frac{30 \times 10^9 \times 0{,}0009}{0{,}15} = 180 \text{ kg par millimètre carré.}$$

Avec un rayon de courbure de $\frac{0,13}{2} = 0,065$ *m*, la valeur de ce coefficient devient :

$$R_f = \frac{30 \times 10^9 \times 0.0009}{0,13} = 208 \text{ } kg \text{ par millimètre carré.}$$

Les fibres extrêmes de la lame en question ont donc travaillé, à la flexion, à un coefficient compris entre 180 et 208 *kg* par millimètre carré, sans subir de déformation permanente, tandis qu'à l'extension simple, la même matière n'a accusé qu'une résistance à la rupture de 167 *kg*.

Si nous appliquons le coefficient d'équivalence K_f dont la valeur est donnée page 735, on aura pour coefficient de travail correspondant à l'extension simple :

$$R_a = \frac{R_f}{K_f} = \frac{(180 \text{ à } 208)}{1,732} = 108 \text{ à } 120 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

valeur très approchée de la limite d'élasticité à l'extension de l'acier employé.

B. — Feuille de ressort à lames.

Les ressorts à lames, pour matériel de chemins de fer, sont fabriqués avec de l'acier qui présente, à l'état de trempe et de recuit ordinaire, une résistance à la rupture, par extension, de 100 à 105 *kg* par millimètre carré, avec une limite d'élasticité, à l'extension aussi, de 70 à 75 *kg*, le coefficient d'élasticité étant sensiblement égal à 20×10^9.

Ces ressorts sont essayés sous des efforts de déformation qui produisent un allongement géométrique de 5 à 6 *mm* par mètre sur les fibres les plus fatiguées, lesquelles travaillent donc, à la flexion, sans déformation permanente, à un coefficient égal à :

$$R_f = 20 \times 10^9 \ (0,005 \text{ à } 0,006) = 100 \text{ à } 120 \text{ } kg \text{ par millimètre carré.}$$

supérieur à la résistance de rupture par extension simple.

Si nous appliquons le coefficient d'équivalence K_f, nous aurons pour valeur du coefficient de travail correspondant à l'extension simple :

$$R_a = \frac{R_f}{K_f} = \frac{100 \text{ à } 120}{1,732} = 58 \text{ à } 69 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

valeur qui se rapproche beaucoup de la limite d'élasticité donnée par les essais directs à l'extension simple.

C. — Rail en acier P.-L.-M.

Les rails en acier de la Compagnie P.-L.-M., pesant 38,950 *kg* le mètre courant, sont fabriqués avec de l'acier qui, pour une série de 62 expériences relatées dans la *Revue générale des Chemins de fer* (août 1889), a présenté une résistance à la rupture par extension simple de 72 *kg* par millimètre carré et une limite d'élasticité, à l'extension aussi, de 35 *kg*.

La surface de la section de ce rail est de $\Omega = 0{,}004\,997\ m^2$.

Son moment d'inertie a pour valeur $I = 0{,}000\,011\,4$.

La distance à la ligne des fibres neutres des fibres les plus éloignées est de $v' = 0{,}069\,45$.

Les rails essayés, placés sur des appuis espacés de 1 *m*, ont supporté un effort de 30 000 *kg* appliqué au milieu de la distance des appuis.

Les flèches permanentes ont été nulles pour un certain nombre de barres, et elles ont varié de 0,2 à 0,4 *mm* pour les autres. On était donc tout à fait dans le voisinage de la limite d'élasticité à la flexion.

En négligeant le frottement du rail sur ses supports, on trouve pour valeur du moment fléchissant dans la section d'application de la charge :

$$\mu = \frac{30\,000 \times 1}{2 \times 2} = 7\,500\ kgm,$$

et le coefficient auquel travaillent, à la flexion, les fibres les plus fatiguées est le suivant :

$$R_f = \frac{7\,500 \times 0{,}069\,45}{0{,}000\,011\,4} = 46\ kg \text{ par millimètre carré,}$$

chiffre bien supérieur à la limite d'élasticité à l'extension indiquée ci-dessus.

Si nous appliquons le coefficient d'équivalence K_f dont la valeur est donnée par la formule (9), ou, ce qui revient au même, si nous appliquons la formule (12), nous aurons :

$$R_a = \frac{7\,500}{\sqrt{0{,}004\,997 \times 0{,}000\,011\,4}} = 31{,}4\ kg \text{ par millimètre carré.}$$

Ce chiffre est inférieur à la limite d'élasticité à l'extension de l'acier employé; mais il faut remarquer que, dans la détermination de la valeur du moment fléchissant. nous avons négligé le frottement du rail sur ses appuis, invariables de position.

Ce frottement est d'autant moins négligeable que sous l'action de la charge de 15 000 *kg* que supporte chacun des appuis il y a pénétration de ceux-ci dans le rail.

Si on admet pour coefficient de frottement 0,33, on aura pour valeur du moment fléchissant dans la section à égale distance des appuis :

$$\mu = \frac{30\,000 \times 1}{2 \times 2} + \frac{30\,000 \times 0{,}33 \times 0{,}069\,45}{2} = 7\,845 \text{ kgm},$$

et si on applique la formule (12) en tenant compte de la tension longitudinale on aura pour coefficient du travail :

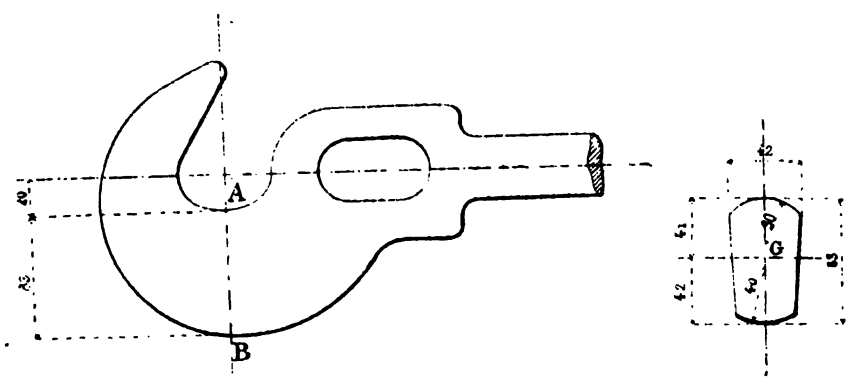
$$R_a = \frac{7\,845}{\sqrt{0{,}004\,997 \times 0{,}000.011\,4}} + \frac{30\,000 \times 0{,}33}{2 \times 0{,}004\,997}$$
$$= 34 \text{ } kg \text{ par millimètre carré},$$

valeur très voisine de la limite d'élasticité à l'extension donnée par les expériences directes à la traction.

D. — Crochet de traction.

Un crochet de traction de wagons, type Ouest, fabriqué avec du fer ayant accusé, sur une éprouvette forgée, une résistance à la rupture par extension de 43 *kg* par millimètre carré, devait subir un effort de 15 000 *kg* sans déformation permanente, et ne pas rompre sous une charge de 32 000 *kg*.

La section de rupture de ce crochet a les dimensions indiquées au croquis ci-dessous.



La surface de cette section est de. . . . $\Omega = 0{,}00\,30\,87$ *m*
Le moment d'inertie a pour valeur . . . $I = 0{,}000\,001\,6$
La valeur de v' est de. . . . . $v'' = 0{,}041$

Le crochet essayé a supporté l'effort de 15 000 *kg* sans qu'aucune déformation permanente se soit produite, et la rupture a eu lieu sous une charge de 37 600 *kg*.

Sous l'action de l'effort de 15 000 *kg*, la valeur du moment fléchissant dans la section AB était de :

$$\mu = 15\,000 \times (0{,}020 + 0{,}041) = 915 \text{ } kgm,$$

et les fibres A travaillaient au coefficient suivant, à la flexion :

$$R = \frac{915 \times 0{,}041}{0{,}000\,001\,6} + \frac{15\,000}{0{,}003\,087} = 23{,}4 + 4{,}9$$
$$= 28{,}3 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

valeur supérieure à la limite d'élasticité, à l'extension, du fer employé.

Si nous appliquons le coefficient d'équivalence K_f déterminé par la formule (9), ou, ce qui revient au même, si nous appliquons la formule (12) en y ajoutant la tension longitudinale produite par l'effort appliqué, nous aurons :

$$R = \frac{915}{\sqrt{0{,}003\,087 \times 0{,}000\,001\,6}} + \frac{15\,000}{0{,}003\,087}$$
$$= 13 + 4{,}9 = 18 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

chiffre très rapproché, mais plutôt en dessous, de la limite d'élasticité à l'extension de la matière employée.

Au moment de la rupture, sous l'action de la charge de 37,600 *kg*, le bras de levier de l'effort n'était plus que de 17 + 41 = 58 *mm*, par suite de la déformation de la pièce.

Le moment fléchissant avait donc pour valeur :

$$\mu = 37\,600\,(0{,}017 + 0{,}041) = 2\,181 \text{ } kgm,$$

et les fibres A travaillaient, à la flexion, au coefficient suivant :

$$R = \frac{2\,181 \times 0{,}041}{0{,}000\,001\,6} + \frac{37\,600}{0{,}003\,087} = 56 + 12$$
$$= 68 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

valeur bien supérieure à la résistance de rupture par extension.

Si nous appliquons la formule (12), nous aurons pour coefficient de travail à l'extension équivalent :

$$R_a = \frac{2\,181}{\sqrt{0{,}003\,087 \times 0{,}000\,001\,6}} + \frac{37\,600}{0{,}003\,087} = 31 + 12 = 43 \text{ } kg,$$

valeur égale à celle de la résistance de rupture donnée par essai direct sur éprouvette.

E. — Chaine de sûreté.

Une chaine de sûreté, du type P.-L.-M., faite avec du fer de 1re catégorie de la classification de cette Compagnie (résistance à la rupture 38 *kg*), doit supporter sans déformation permanente un effort de 6 000 *kg*, et ne pas se rompre sous une charge de 15 000 *kg*.

Les dimensions des maillons de cette chaine sont données dans le croquis ci-dessous.

On a :

$d = 0{,}025\ m$,

$b = \frac{0{,}050}{2} + \frac{0{,}025}{2} = 0{,}0375\ m$,

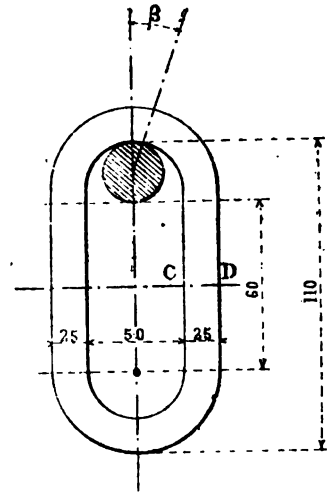
$h = \frac{0{,}060}{2} = 0{,}030$,

$\frac{\pi d^2}{2} = 0{,}000491$.

$m = \frac{h}{d} = 1{,}2$,

$n = \frac{b}{d} = 1{,}5$,

$n^2 = 2{,}25$.



Si nous supposons en outre que, sous la charge de 6 000 *kg*, le demi-arc de contact des maillons successifs sera de $\beta = 30°$, on aura :

$$\beta = 30° \quad \sin\beta = 0{,}5 \quad \cos\beta = 0{,}866.$$

En appliquant la formule de Contamin modifiée pour tenir compte de l'arc de contact, on trouve pour coefficient de travail des fibres en C :

$$R = \frac{6\,000}{2 \times 0{,}000\,491}\left\{\frac{8\left[\frac{3{,}14 \times 30}{180} - 0{,}5\,(1 + 2{,}25 \times 1{,}14)\right]}{0{,}5\,(2 \times 1{,}2 + 3{,}14 \times 1{,}5)} - \right\}$$

$= 24\ kg$ par millimètre carré.

Cette valeur est évidemment supérieure à la limite d'élasticité, à l'extension, du fer employé.

Si nous défalquons la partie de ce coefficient afférente à la ten-

sion longitudinale, soit $\frac{6\,000}{2 \times 0{,}000\,491} = 6$ *kg* par millimètre carré, il restera, pour la partie correspondante à la flexion :

$$R_f = 24 - 6 = 18 \text{ kg}.$$

Le coefficient d'équivalence pour une section circulaire étant égal à 2, on aura pour coefficient de travail, à l'extension simple, correspondant à la valeur ci-dessus :

$$R = \frac{18}{2} = 9 \text{ kg}.$$

ajoutant la tension longitudinale, on aura finalement :

$$R_a = 9 + 6 = 15 \text{ kg},$$

valeur très rapprochée de la limite d'élasticité, à l'extension, de la matière employée.

Si l'on avait supposé une valeur de 15° seulement pour l'angle β, on aurait trouvé sensiblement les mêmes valeurs pour R_f et pour R_a.

Si le métal employé à la confection de la chaîne est assez ductile pour que sous l'action de la charge de 15 000 *kg* le maillon se rétrécisse au point que l'arc de contact devienne une demi-circonférence, on aura pour valeur du coefficient de travail en C, sensiblement :

$$R = \frac{15\,000}{2 \times 0{,}000\,491} = 15 \text{ kg} \text{ par millimètre carré.}$$

On voit donc que la rupture ne doit pas avoir lieu sous l'effort de 15 000 *kg* si le fer est assez doux pour que le maillon se déforme suffisamment.

Si, au contraire, le métal employé était assez raide pour ne se déformer que d'une manière insensible, on trouverait pour coefficient de travail des fibres en C, sous l'effort de 15 000 *kg*, et en supposant un demi-arc de contact égal à 30° comme ci-dessus :

$$R = \frac{24 \times 15\,000}{6\,000} = 60 \text{ kg} \text{ par millimètre carré.}$$

Défalquant la partie afférente à la tension longitudinale, il resterait pour coefficient de travail à la flexion :

$$R_f = 60 - \frac{15\,000}{2 \times 0{,}000\,491} = 60 - 15 = 45 \text{ kg}.$$

Le coefficient d'équivalence étant égal à 2, cette valeur de R_f serait ramenée à :

$$R = \frac{45}{2} = 22{,}5 \text{ kg}.$$

Ajoutant la tension longitudinale, on aurait finalement :

$$R_a = 22,5 + 15 = 37,5 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

valeur très voisine de la résistance de rupture du fer employé.

On voit donc que la chaîne supportera ou ne supportera pas la charge de 15 000 *kg*, suivant que la qualité du fer permettra au maillon de se déformer plus ou moins.

Les essais faits sur les chaînes de sûreté justifient parfaitement ces conclusions.

F. — Ressort en spirale.

Un ressort en spirale, composé d'une feuille à section rectangulaire de 0,120 $\times$ 0,007, et dont le rayon maximum de la base est de 0,078 *m*, doit pouvoir supporter, sans déformation permanente, une charge de 2 200 *kg*, la qualité de la matière employée étant la même que pour les feuilles de ressorts à lames du cas B.

Sous la charge de 2 200 *kg*, les fibres les plus fatiguées travaillent, à la torsion, au coefficient suivant, d'après les formules usuelles :

$$R_t = \frac{\mu_t v}{I_o} = \frac{2\,200 \times 0,078 \times 0,12}{2 \times 0,000\,001} = 102 \text{ } kg \text{ par millimètre carré,}$$

bien supérieur à la limite d'élasticité, à l'extension, de l'acier employé.

Si nous employons le coefficient d'équivalence K_t donné par l'expression (15), ou, ce qui revient au même, si nous appliquons la formule (17), nous aurons pour valeur du coefficient de travail correspondant à l'extension simple :

$$R_a = \frac{2\,200 \times 0,078}{\sqrt{0,000\,84 \times 0,000\,001}} = 59 \text{ } kg,$$

valeur très rapprochée de la limite d'élasticité, à l'extension, de la matière dont est composée la lame du ressort.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. HENRI BONNAMI

PAR

M. J. DUBUISSON

Henri Bonnami naquit en 1856, à Villersexel (Haute-Saône); il fit ses études au lycée de Besançon et, sans autre préparation que l'éducation classique, il entra en 1876 au service de la construction des chemins de fer P.-L.-M, dans l'arrondissement de Chambéry

Après deux années de séjour pendant lesquelles il s'initia aux éléments du métier, il fut reversé dans l'arrondissement d'Auxerre, sur la ligne d'Avallon à Dracy-Saint-Loup. Dès cette époque il sentait la nécessité de se créer un titre officiel, et c'est ainsi qu'en 1879 il subit brillamment l'examen de conducteur des Ponts et Chaussées et, à la suite de ce succès, passa au compte de l'État, pour les études du chemin de fer d'Épinac à Velars.

Pendant trois ans il se consacra au service de l'État, et de cette époque datent ses premières œuvres techniques, répondant d'ailleurs aux mieux de sa profession. Ainsi, en 1883, il débuta par la publication du *Manuel de l'opérateur au Tachéomètre;* ce manuel édité par Gauthier-Villars est l'extrait, condensé au point de vue pratique, d'une étude volumineuse comprenant l'analyse complète de l'instrument, son usage, ses règlements et ses applications, étude inédite que nous avons eue longtemps entre les mains et qui trouverait sa place naturelle dans les archives de la Société.

En même temps Bonnami avait imaginé de substituer à la règle logarithmique rectiligne une règle circulaire, mais cet essai ne nous semble pas avoir eu de suite, d'autant plus que dès cette époque les aspirations de l'Ingénieur se tournaient vers un autre

but. En effet, en 1883, il quitta les chemins de fer de l'État, où l'avenir apparaissait de plus en plus précaire à la veille des conventions, pour entrer dans l'industrie privée qui lui souriait en raison du vaste champ offert désormais à son activité.

Ce fut alors qu'il prit la direction des usines Branget, fabrication de chaux hydrauliques et ciments, à Mâlain et Pont-de-Pany (Côte-d'Or). En réalité, il trouvait là sa voie et en dehors de l'espace limité des sphères administratives il allait recouvrer toute liberté d'allures et appliquer utilement son esprit d'initiative.

De 1883 à 1885, il se mit au courant de son nouvel emploi, sans cependant perdre de vue le passé ; c'est ainsi qu'en 1884 il formulait l'application de la « différence constante des déclivités » à la Tachéométrie, projetait le Tachéomètre universel dont il est fait mention dans les *Annales des Travaux publics* (N° d'octobre) et réalisait ce progrès concurremment avec l'invention parallèle de l'Ingénieur-géomètre Sanguet.

Mais déjà ses occupations journalières le dirigeaient vers d'autres attractions; il commençait à entrevoir l'œuvre à laquelle il allait se consacrer entièrement, et, dès l'année 1885, d'après nos instances, il débutait aux *Annales* par un article sur les produits hydrauliques et l'analyse de la chimie appliquée à l'art de l'Ingénieur; en outre, par un retour en arrière sur ses premières études, il fournissait le fond de plusieurs notes comportant le tracé des courbes circulaires par la méthode des coordonnées polaires et l'usage du tachéomètre, la transformation réciproque des degrés en grades au moyen d'une règle spéciale, puis la détermination des aires par pesées.

En 1886, il continua son analyse de la chimie appliquée à l'art de l'Ingénieur et fit aussi un travail concernant un profilomètre de transformation ayant pour but de ramener un profil en travers avec ligne de terrain quelconque à un profil équivalent sous terrain horizontal.

En cette année-là ses travaux relatifs à la Tachéométrie et ses premières publications sur les produits hydrauliques lui constituaient un acquit présageant suffisamment de futurs succès; aussi l'avions-nous engagé fortement à se présenter à la Société des Ingénieurs civils, dans l'idée qu'il y trouverait le milieu favorable au développement de son individualité et que, d'autre part, la Société accueillerait en lui un esprit d'élite dont elle n'aurait qu'à s'enorgueillir.

Nous eûmes l'honneur d'être l'un de ses parrains et nous évo-

querons toujours ce souvenir avec une certaine fierté, car nous avions alors la conviction d'enrôler sous le drapeau commun une recrue de valeur, et l'avenir devait répondre et au delà à ces prévisions.

En 1887 le nouveau Sociétaire termina son *Essai sur la chimie appliquée aux produits hydrauliques* et le fit suivre de deux travaux, l'un traitant du travail moléculaire dans les gangues en voie de solidification et l'autre renfermant une série de considérations pratiques sur le dosage rationnel des mortiers.

Ce furent, en quelque sorte, ses adieux, non pas dans ses intentions mais du moins selon les arrêts de la destinée, à la publication scientifique en laquelle il avait fait ses débuts.

La Société des Ingénieurs civils attirait d'ailleurs sa pensée et il se faisait à la fois une joie et une crainte d'y apporter le témoignage de ses efforts quotidiens et d'y exposer, pour ainsi dire, le programme de ses espérances.

Le 20 janvier 1888 il lut en séance une théorie de la fabrication et de la solidification des produits hydrauliques ; les aperçus nouveaux, les remarques intelligentes, renfermés dans ce court mémoire, lui valurent des applaudissements qui le récompensèrent de ses peines et lui donnèrent confiance pour l'avenir.

« Tout s'est bien passé, » nous écrivait-il dès le lendemain et on pouvait lire son contentement à travers les lignes; l'accueil qu'il avait reçu l'avait profondément touché.

Le mémoire fut inséré en entier dans le Bulletin et, dans cette même année 1888, la librairie Gauthier-Villars édita un fort volume ayant pour titre : *Fabrication et Contrôle des chaux hydrauliques et des ciments*, ouvrage dans lequel on trouve résumées toutes les études antérieures de l'auteur, depuis ses premiers articles des *Annales* jusqu'au mémoire présenté à la Société ; c'est là que l'on peut remarquer l'aiguille d'enfoncement à poids variables, autre invention due à ses recherches et qui devait remplacer l'aiguille à poids fixe connue depuis si longtemps sous le nom d'aiguille Vicat. Cette innovation amenait toute une révolution dans les expériences sur la prise et le durcissement des chaux et l'interprétation de ces phénomènes.

Du reste, ce livre est rempli de procédés d'analyse et de dosage que l'on consultera toujours avec fruit, sans parler de toutes les données d'exploitation des calcaires, de leur préparation, de leur cuisson, en un mot de la fabrication des produits hydrauliques et de la confection des mortiers, données qui font de cet ouvrage un

traité à la fois théorique et pratique, mis au point de l'actualité et appelé à figurer dans toutes les bibliothèques d'Ingénieur.

L'année 1889 réservait à notre cher collègue un triomphe, hélas ! qui devait être le dernier.

Dans la séance du 21 juin 1889, la Société lui décerna le prix Michel Alcan remis pour la première fois, à l'occasion du mémoire présenté en 1888 et considéré, suivant les paroles textuelles du Président, « comme devant contribuer à l'avancement de la grave et importante question de la fabrication des chaux et ciments, au progrès de laquelle H. Bonnami n'aura pas vainement travaillé ».

Dès le mois de janvier, la maladie qui devait l'emporter si jeune encore minait sourdement ses forces, mais malgré les avis des médecins il s'obstinait à poursuivre sa tâche. Entraîné par les idées nouvelles qui se précipitaient vers lui comme autant de tentations, il ne pouvait résister à leur appel et son cerveau, en quelque sorte, travaillait malgré lui. Soutenu par les soins maternels de sa compagne dévouée, il vivait dans l'espoir de voir revenir son activité d'autrefois et s'acheminait doucement vers sa fin, sans se douter de sa pénible situation.

Au 18 septembre il s'éteignit, à peine dans sa trente-quatrième année.

Il est mort au champ d'honneur, c'est justice de le dire, car une heure avant d'expirer il revoyait encore des épreuves relatives au mémoire qu'il élaborait pour le Congrès des Constructions, dont il était le rapporteur.

Sa fin fut digne de sa vie, et cette vie est un exemple de ce que peut un esprit droit passionné pour la science.

A ses rares capacités comme travailleur, il joignait dans l'intimité une grande bienveillance pour tous et un dévouement excessif pour les siens. A tous ceux qui l'ont connu, il laisse le souvenir ineffaçable d'une existence laborieuse et utile, et d'une intelligence supérieure jointe à un grand cœur

CHRONIQUE

N° 120.

Sommaire. — Expériences sur les machines du steamer *Meteor (suite et fin)*. — Origine de la machine Compound *(suite et fin)*. — Altitudes atteintes par des chemins de fer. — Un tunnel sous un fleuve. — Une grande cheminée.

Expériences sur les machines du steamer *Meteor. (Suite et fin.)* — La vitesse était mesurée par un compteur qui marquait 1 439 668 à 1 heure 30 minutes du matin, au commencement de l'essai, et 1 513 318 à 6 heures 36 du soir à la fin des expériences. Le nombre total de tours effectué par l'arbre moteur se trouve donc de 73 650 pour 17 heures 6 minutes, ce qui donne une moyenne générale de 71,78 tours par minute. Le maximum des observations directes relevées toutes les demi-heures est de 72,4 et le minimum de 70,9.

La pression barométrique moyenne observée pendant la durée de l'essai a été de 0,768 *m* correspondant à une pression de 1 055 *kg* par centimètre carré. La pression moyenne aux chaudières a été de 10,28 *kg*. Les autres pressions moyennes ont été de :

Enveloppe du cylindre à haute pression	9,27 *kg*
— — intermédiaire.	5,49
— — à basse pression	4,02
Premier receiver	2,58
Second —	0,44

Toutes ces pressions sont effectives. Elles sont les moyennes des observations faites toutes les demi-heures pendant l'essai. Les manomètres des chaudières avaient été vérifiés avec un étalon, mais non les autres, de sorte que les pressions correspondantes ne peuvent être données que comme renseignements ; elles n'ont d'ailleurs que très peu d'importance.

La pression moyenne pendant l'admission au premier cylindre (mesurée sur le diagramme d'indicateur) est de 9,52 *kg*. La pression initiale au commencement de la course est exactement la même que la précédente pour le haut du cylindre et supérieure de 1/2 *kg* environ pour le bas. La différence entre la pression moyenne pendant l'admission et la pression à la chaudière est donc de 0,75 *kg* environ.

La hauteur moyenne marquée par l'indicateur du vide au condenseur a été de 0,627 *m*, correspondant à une pression de 0,861 *kg* au-dessous de la pression atmosphérique.

Le vide moyen au grand cylindre (mesuré sur les diagrammes) a été de 0,821 *kg*. Il en résulte que la contre-pression absolue moyenne a été

de 0,193 *kg* par centimètre carré au condenseur et de 0,234 *kg* au grand cylindre.

Voici maintenant les moyennes des pressions moyennes effectives sur les divers pistons :

Cylindres	Haut	Bas	Moyenne
Haute pression	4,25 *kg*	4,02 *kg*	4,14 *kg*
Intermédiaire.	1,45	1,31	1,38
Basse pression	0,87	0,89	0,88

Au moyen de ces pressions, on trouve les puissances indiquées correspondantes pour les trois cylindres à la vitesse moyenne donnée plus haut.

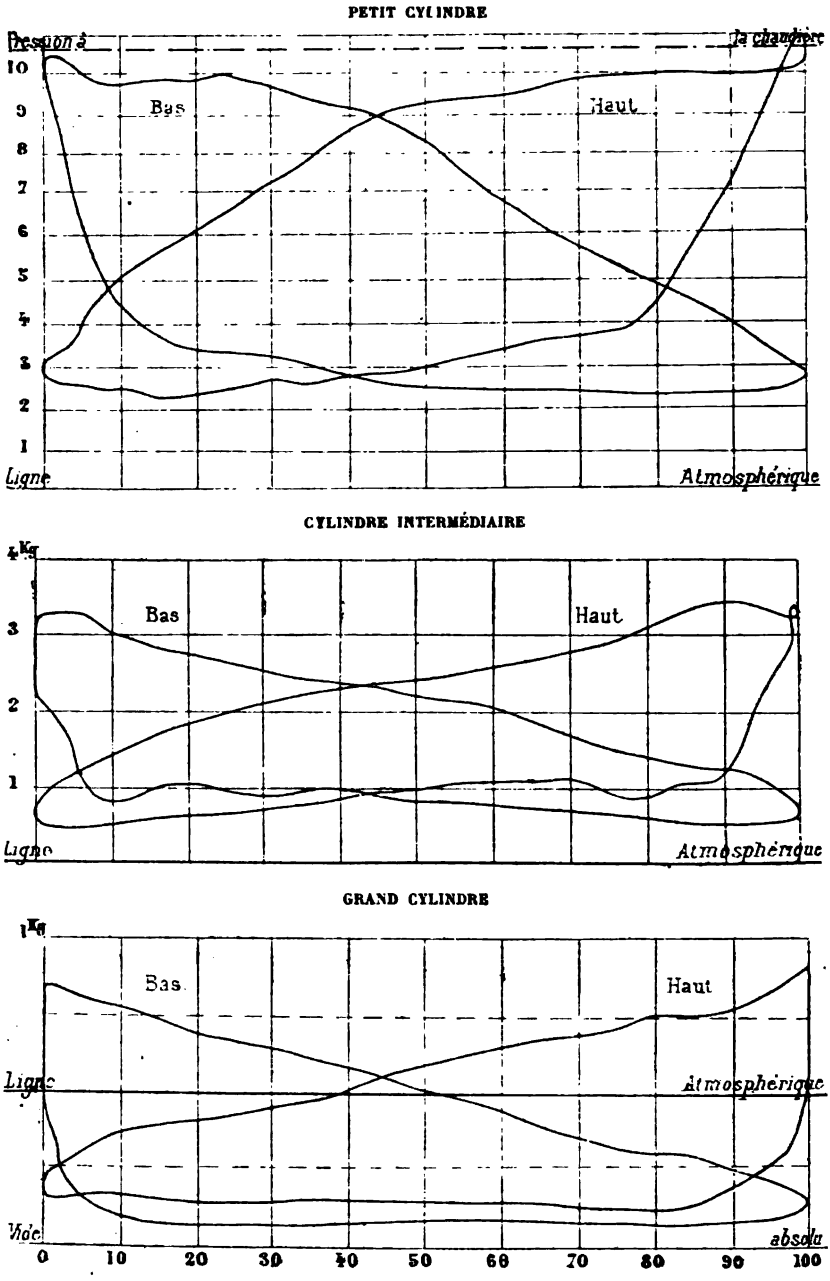
Cylindre à haute pression	662	chevaux.
— intermédiaire	507	—
— à basse pression.	825	—
Puissance indiquée totale	1.994	chevaux.

Ces chiffres sont les moyennes de 34 séries de diagrammes d'indicateur, chaque série composée de six diagrammes un pour le haut et un pour le bas de chacun des trois cylindres. La puissance maximum ressort à 2 086 chevaux sur les diagrammes relevés à 5 heures 15 minutes du soir, à 72,1 tours par minute et 10,4 *kg* de pression aux chaudières. La puissance minima a été de 1 890 chevaux à midi 45 minutes, avec 70,9 tours par minute et 9,9 de pression aux chaudières. Nous donnons ci-jointe une série de diagrammes, celle qui se rapproche le plus de la moyenne générale.

Le taux moyen de la combustion sur les grilles ressort à 93,75 *kg* par mètre carré de grille et par heure, ce qui correspond à 2,93 *kg* par mètre carré de surface de chauffe totale et par heure. La vaporisation ressort à 7,46 *kg* d'eau par kilogramme de combustible mis sur les grilles, cendres comprises. L'eau introduite à la chaudière à la température de 72 degrés et vaporisée à celle de 182 degrés a absorbé une quantité de 590 calories par kilogramme. Chaque kilogramme de cette vapeur correspond à 1,10 *kg* de vapeur produite à 100 degrés. La vaporisation constatée, réduite à ce taux, représente 8,21 d'eau pour 1 de combustible brut, ou 9,21 pour 1 de charbon réel, cendres déduites. Le calorique utilisé par kilogramme de combustible brut se trouve ainsi être de 4 406 calories, ce qui représente 62 0/0 de la puissance calorifique du combustible. Ce coefficient de 62 0/0 représente le rendement de l'appareil évaporatoire.

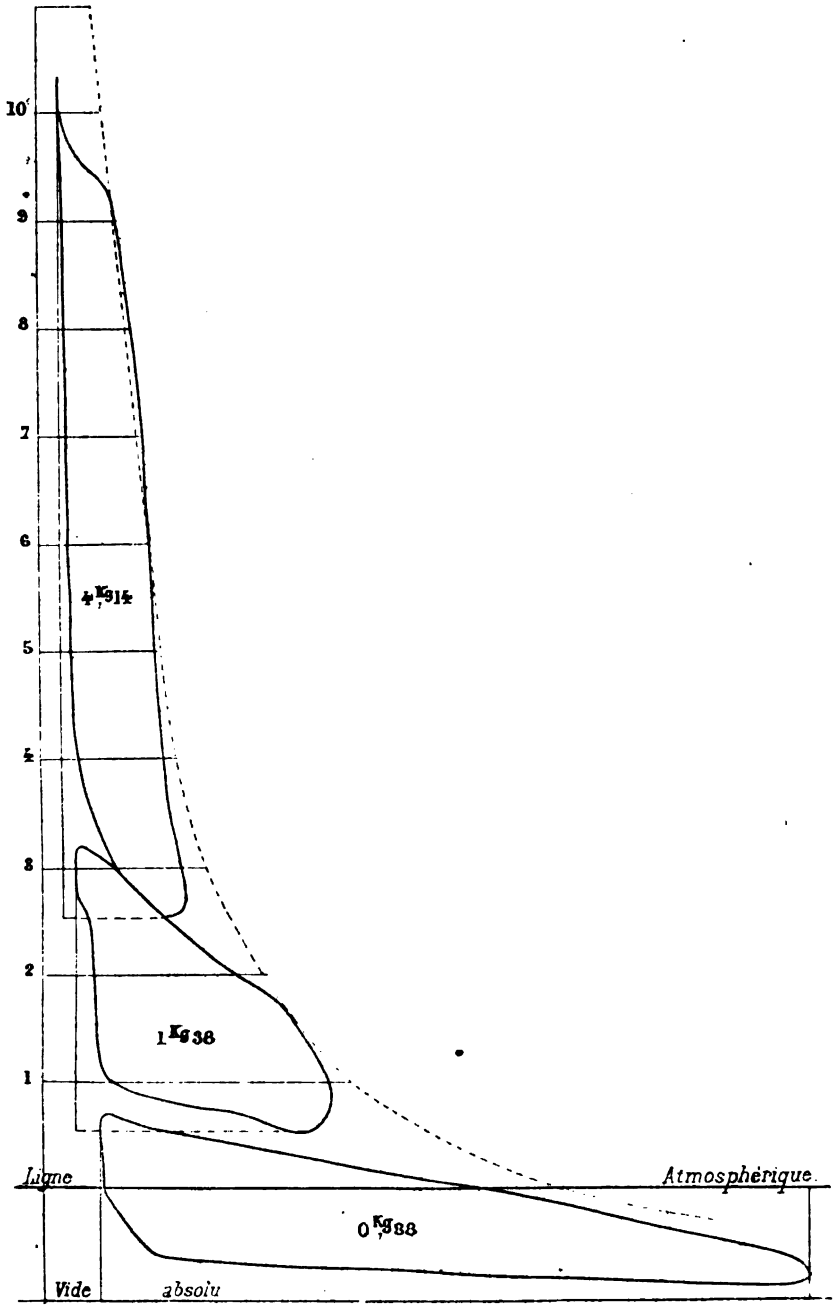
Si on part de la composition des gaz de la combustion donnée plus haut (chronique de novembre, p. 654), on trouve que le poids d'air employé pour la combustion a été de 22 *kg* par kilogramme de charbon pur ou de 15,5 par kilogramme de combustible brut. La chaleur représentée par l'élévation de température de ces gaz représente 21,9 0/0 du calorique total développé par la combustion; la perte par formation d'oxyde de carbone à 3,6 0/0; celle qui correspond à la vaporisation de l'eau contenue dans le charbon à 1,2 0/0.

Les cendres représentent 3 0/0 ; le total de la chaleur retrouvée est



donc de 91,7 0/0. Le reste, soit 8,3 0/0 correspond aux pertes dont on n'a pu tenir compte, en premier lieu le rayonnement. On peut admettre

que la transmission du calorique à l'eau des chaudières pour une vaporisation moyenne de **21,9** *kg* par heure et par mètre carré de surface de



chauffe s'est faite en moyenne à raison de 13 000 calories en nombre rond par heure et par mètre carré de surface de chauffe totale.

Voilà pour le rendement des générateurs ; si maintenant on veut rechercher l'effet utile de la machine, on constate que le cheval indiqué correspond à un poids en eau d'alimentation de 6,78 *kg* par heure. Le calorique absorbé par cette eau a été de 7 981 000 calories par heure, soit très exactement 4 000 calories par cheval indiqué et par heure, ce qui correspond aux 62 0/0 mentionné plus haut.

Si on veut établir une comparaison entre cette dépense de calorique et celle d'une machine parfaite, on peut prendre pour température supérieure celle de la vapeur dans la chaudière, soit 183,7 degrés centigrades et pour température inférieure 48,8 degrés. On n'a malheureusement pas pu constater la température de la vapeur condensée à la sortie du condenseur ; mais, avec le haut degré de vide mentionné plus haut, on peut admettre que cette température était voisine de celle de 48,8 qu'on vient d'admettre (la température correspondant à la contre-pression moyenne au grand cylindre est de 63,3 degrés). Une machine parfaite, supposée travaillant entre les limites de 184 et 49 degrés, utiliserait 0,295 du calorique qui lui serait transmis. La machine du *Meteor* a utilisé en travail 1 215 000 calories par heure, ce qui donne un rendement de 54,6 0/0, comparée avec la machine parfaite travaillant entre les mêmes limites de température et recevant la même quantité de chaleur dans le même temps. Le rendement absolu, c'est-à-dire le rapport de la chaleur correspondant au travail fait à la chaleur reçue par l'eau d'alimentation, est de 15,2 0/0.

Enfin, si on cherche le rendement combiné de la machine et de l'appareil évaporatoire, on trouve que le calorique représenté par le travail effectué correspond presque exactement à 10 0/0 du calorique total contenu dans le combustible.

On a étudié avec le plus grand soin les diagrammes d'indicateur pour établir la proportion de vapeur présente aux cylindres à diverses phases du passage de la vapeur dans la machine. Ces recherches ont donné les résultats reproduits dans le tableau suivant :

	POIDS PAR TOUR	PROPORTION PAR RAPPORT à l'eau d'alimentation jaugée	PROPORTION D'EAU dans les enveloppes ou aux cylindres
	kg	0/0	0 0
Eau d'alimentation jaugée.	3,14	100	0
Vapeur présente au premier cylindre après la fermeture de l'admission à la pression de 7,8 *kg*.	2,42	77,1	22,9
Vapeur présente au cylindre intermédiaire au point correspondant à la pression effective de 1,56 *kg*.	2,52	80,2	19,8
Vapeur présente au cylindre à basse pression, au point correspondant à la pression effective de 0,28 *kg* au-dessous de la pression atmosphérique.	2,36	75,3	24,7

Les diagrammes d'indicateur donnés sur les figures de la page 752 ont été combinés ensemble pour donner le diagramme totalisé de la page 753. Les diagrammes partiels sont placés de telle façon que l'espace laissé entre leur point de départ à gauche de la figure et la ligne verticale du même côté représente l'espace neutre correspondant à chaque cylindre. Les abcisses, à partir de cette ligne, représentent les volumes réels occupés par la vapeur à chaque période de son passage à travers la machine. La courbe limite de droite est la courbe des volumes de la vapeur saturée pour les différentes pressions.

La dépense totale de combustible passé dans les foyers s'est élevée à 31 120 *kg*, soit 1 814 *kg* par heure et 0,91 *kg* par cheval indiqué et par heure en combustible brut.

La capacité calorifique de ce combustible ayant été évaluée à 7 100 calories par kilogramme (Chronique de novembre, page 654), les 0,91 *kg* représentent 6 461 calorics.

Un cheval heure correspondant à 270 000 *kgm*, et, à raison de 425 *kgm* par calorie, à 635 calories, le rendement total de l'appareil ressort à 9,9 0/0, soit très sensiblement 10 0/0, comme on l'a indiqué plus haut.

La vitesse moyenne du navire, pendant toute la durée de l'essai, a été de 14,6 nœuds.

Après la terminaison des expériences, les feux ont été nettoyés ; on a fermé les chaufferies et fait fonctionner les chaudières à tirage forcé avec les ventilateurs dont l'appareil moteur était muni, pour reconnaître quelle était la puissance maxima qu'on pouvait développer dans ces conditions. Cet essai supplémentaire a permis de faire quelques constatations intéressantes. Ce sont les suivantes :

Avec le tirage forcé, la pression à la chaudière étant de 10,3 *kg* à 10,7 *kg*, le nombre de tours par minute s'est élevé à 81 au lieu de 72, et la puissance moyenne indiquée a atteint 3 000 chevaux au lieu de 2 000.

Si, dans ces conditions de fonctionnement, on introduit de la vapeur vive de la chaudière au premier receiver par un tuyau de 62 *mm* de diamètre, qui existe sur la machine et dont le but est, lorsque les soupapes de sûreté soufflent abondamment, d'envoyer l'excédent de vapeur dans la machine, pour éviter une perte importante d'eau douce ; le nombre de tours s'élève à 83 et la puissance indiquée à 3 273 chevaux. Seulement, la répartition du travail se modifie considérablement : le petit cylindre ne fait presque plus rien, et le grand cylindre opère plus de la moitié du travail total ; ainsi, les travaux successifs sont : haute pression, 397 chevaux, intermédiaire, 1 013, et basse pression, 1 863, pour un total de 3 273 chevaux.

Enfin, une fois le navire amarré dans le port, on a relevé des diagrammes d'indicateur avec les machines marchant en arrière. Avec 10,4 *kg* de pression à la chaudière et 76 tours par minute, on a développé 2 660 chevaux. ainsi répartis : haute pression, 585, intermédiaire, 867, basse pression, 1 208. Si on compare ces résultats avec les résultats moyens de l'essai, et qu'on les ramène à la même pression à la chaudière et au même nombre de tours par minute, on trouve pour la marche arrière un travail indiqué de 2 420 chevaux environ, supérieur de 22 0/0 au travail moyen développé pendant l'essai principal.

Si on considère que, dans la marche en arrière, ce qu'on a appelé la *sequence*, c'est-à-dire l'ordre dans lequel se succèdent les manivelles, se trouve changé, puisque, dans ce cas, la manivelle du cylindre à haute pression se trouve suivie par la manivelle du cylindre à basse pression, puis par celle du cylindre intermédiaire, on est porté à attribuer à cette sequence une influence notable sur le développement total de la puissance, probablement par la réduction des chutes de pression dans les receivers. Cette observation concorde entièrement avec les indications présentées par M. Thomas Urquhart, Ingénieur en chef du chemin de fer de Griazi-Tsaritzine, lequel a observé que, pour les locomotives compound à deux cylindres, l'ordre dans lequel les manivelles se succèdent aurait une influence notable sur l'importance du travail total effectué, toutes choses égales, d'ailleurs.

Il est facile de comprendre que des expériences du genre de celles que nous venons de résumer entraînent des embarras considérables. Il a fallu un personnel nombreux ; ainsi on avait établi deux postes qui se relevaient toutes les quatre heures, composés chacun de cinq observateurs, un pour l'eau d'alimentation, deux pour les indicateurs et deux pour le charbon. Si on ajoute à ce chiffre les aides destinés à faire la besogne matérielle, pesages, etc., on arrive à un total de 16 personnes.

Nous ne reproduirons pas, même par un résumé succinct, la longue discussion qui a suivi la lecture de ce travail à l'*Institution of Mechanical Engineers ;* cela nous conduirait beaucoup trop loin, nous nous contenterons d'indiquer deux ou trois observations qui ont été faites et sur lesquelles il paraît utile d'appeler l'attention.

On a signalé, comme nous l'avons fait remarquer incidemment, la cause d'incertitude que comportait le jaugeage de l'eau à la sortie du condenseur ; cette eau provenait non seulement de la vapeur qui avait agi dans la machine, mais encore de celle des machines auxiliaires : l'hypothèse que la différence compense les pertes de toute nature que la vapeur pouvait éprouver en traversant l'appareil moteur ne paraît pas bien rigoureuse et il est très difficile d'apprécier l'importance de l'erreur qui peut être commise ainsi. Il est regrettable qu'on n'ait aucun moyen de connaître le poids au moins approximatif de la vapeur condensée dans les enveloppes : la différence entre le poids d'eau d'alimentation jaugé et celui de la vapeur présente à chaque cylindre d'après les diagrammes d'indicateur indique la quantité d'eau, mais quelle est la proportion réelle qui se trouve à l'intérieur du cylindre ? il est impossible de la distinguer de celle qui se trouve dans l'enveloppe et par conséquent on ne peut apprécier l'effet réel de celle-ci.

Sur le *Meteor* les indicateurs étaient installés directement sur les cylindres par l'intermédiaire d'un tube court de diamètre assez fort et n'ayant qu'un seul coude, de sorte qu'il y avait un instrument pour chaque extrémité de chaque cylindre.

On a fait observer que généralement les indicateurs sont placés sur un tube reliant les deux extrémités du cylindre, de sorte qu'avec l'aide d'un robinet à deux voies, le même indicateur serve pour le haut et le bas du cylindre. La longueur du tuyau exerce une influence notable sur les diagrammes et on peut estimer au moins à 5 0/0 et peut-être à beaucoup

plus l'excédent du travail indiqué par les diagrammes du *Meteor* relativement à ce qu'on aurait trouvé avec l'installation des indicateurs sur un plus long tube. Il y a là une cause qui vicierait les conclusions générales à tirer de l'expérience et il serait utile de s'entendre pour adopter une installation type pour les indicateurs, laquelle permettrait des comparaisons entre les résultats obtenus d'expériences différentes.

Enfin on a insisté sur le peu de précision que comporte l'appréciation du rendement d'une machine à vapeur, tout au moins à cylindres successifs, au moyen du cycle de Carnot. L'expression ordinaire de l'effet utile d'une machine thermique suppose que la chute de température est entièrement amenée par la transformation du calorique en travail et que toute la chaleur fournie à la machine l'a été à la température supérieure. C'est ce qui ne se produit nullement dans la machine qui a fait l'objet des expériences dont nous nous occupons.

En premier lieu, la vapeur des enveloppes des deux derniers cylindres et celle qui sert au réchauffage de l'eau d'alimentation ne sont point introduites dans le circuit à la température supérieure ; d'autre part, avec une machine à détente en cylindres successifs, le cycle devrait être établi pour chacun des cylindres séparément pour tenir compte des chutes de température entre les cylindres; on obtiendrait alors un résultat sensiblement différent de celui qui correspond à la chute totale de température entre la chaudière et le condenseur qu'on suppose avoir passé tout entière en travail, ce qui n'est pas exact. Pour ces raisons, on peut considérer le rendement calorifique de 10 0/0 comme notablement trop faible. Nous croyons qu'il suffit d'indiquer ces divers points sans entrer plus avant dans la question sur laquelle nous aurons probablement l'occasion de revenir, à propos de nouvelles expériences du même genre faites tout récemment en Angleterre.

Origine de la machine compound *(suite et fin)*. — Comme suite à l'article que nous avons publié sous ce titre dans la Chronique d'octobre, page 534, nous croyons intéressant de reproduire en premier lieu la lettre suivante adressée à notre collègue, M. J. de Koning, par M. Löhnis, ancien ingénieur des ateliers de construction de Feyenoord, lettre datée de Rotterdam, 23 novembre 1889.

« J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre lettre et la notice de M. A. Mallet, et je regrette de ne pas être à même de vous donner de plus amples informations. Il y a quelques années, j'ai étudié la question à Feyenoord autant qu'il a été en mon pouvoir. Il y avait là un cabinet bourré de dessins et de papiers que j'ai tous revus pour trouver quelque chose sur l'origine de la machine compound. J'ai retiré de la collection tous les documents qui avaient de l'intérêt à ce sujet, je les ai classés et réunis dans des portefeuilles spéciaux qui sans doute pourront être consultés à Feyenoord. En outre, j'ai donné une description des divers systèmes de machines que j'y ai trouvés pour permettre d'établir le rôle que l'établissement de Feyenoord a joué dans l'histoire de la machine marine. Cette collection est très intéressante et je crois que M. Mallet y trouverait son compte s'il allait la consulter. Il y trouverait, si je me rappelle bien,

les dessins d'une machine compound sur lesquels la date de 1829 est très lisible.

» Je ne crois pas toutefois que Roentgen ait pris une patente d'invention pour ces machines et je m'explique très bien qu'il ne l'ait pas fait. Les machines de Woolf existaient déjà depuis longtemps, c'est-à-dire des machines où l'expansion se faisait dans deux cylindres successifs, les deux pistons se trouvant simultanément à fin de course. On construisait dans ce système des machines fixes en Angleterre. Roentgen, qui avait fait une tournée scientifique dans ce pays, avait naturellement vu des machines de ce genre. On comprend donc qu'il ait voulu appliquer ce système aux machines de bateau. Seulement pour qu'on pût mettre ces machines en marche facilement en avant et en arrière, il fallait un autre calage des manivelles et dès lors il devenait nécessaire de disposer un réservoir entre les cylindres sur le passage de la vapeur allant du premier au second.

» La machine de Woolf n'est qu'un cas particulier de la machine compound ; l'angle des manivelles y est nul et la capacité du réservoir intermédiaire peut y être réduite à zéro. Si Roentgen a bien compris cela, il a dû regarder ses machines comme une généralisation de la machine compound et non comme une nouvelle invention. Ces machines de Roentgen étaient connues sous le nom de « machines à haute et basse pression », le nom de machines compound étant inconnu alors.

« Entre Rotterdam et Vreeswijck, il y a encore en service un bateau à vapeur qui a une machine de ce genre, datant de la dernière partie de cette première période des machines compound et offrant un très bon exemple de ce type.

» Je m'explique très bien que ce système soit tombé en désuétude par la raison suivante. Roentgen appliquait ce système aussi aux navires de mer. Comme la condensation par surface était inconnue alors, les machines avaient des condenseurs à injection, d'où il résultait que les chaudières s'encombraient de sel au point de ne plus pouvoir fonctionner.

» La haute pression n'eut pas à cette époque de succès pour la navigation maritime et son échec entraîna celui des machines à haute et basse pression. On ne voulait plus que des machines à basse ou à moyenne pression. A cette époque parurent les élégantes machines oscillantes de Penn fonctionnant toutes à des pressions modérées ; elles prenaient peu de place et étaient applicables aussi bien sur mer que sur les rivières ; elles remplacèrent les machines à haute et basse pression de Roentgen.

» Vers 1840, Hall inventa le condenseur à surface. Aux ateliers de Feyenoord, on se préoccupait de cette question et on se mit à construire des condenseurs de ce genre. Mais, comme on n'avait pas à cette époque la ressource du caoutchouc ou des matières analogues, on ne réussissait pas à rendre étanche l'assemblage des tubes. Roentgen n'était plus là pour trouver une solution et la chose fût abandonnée. Plus tard, Elder combina la machine à haute et basse pression avec la condensation par surface et l'appliqua, sous le nom de machine compound, aux navires à hélice, ce qui donna naissance à la machine marine moderne.

» Il est à remarquer que nos ouvriers font encore aujourd'hui une distinction entre la machine à haute et basse pression et la machine

compound. Ils n'appellent compound que les machines pourvues de condenseurs à surface, et gardent la désignation de leurs vieilles connaissances, les machines à haute et basse pression, pour les machines à condensation par mélange.

» Peu de constructeurs de notre pays ont eu le génie de Roentgen. En sa qualité d'ancien officier de marine, il présenta au roi Guillaume Ier un mémoire sur l'emploi des hélices, des blindages, etc., pour les bâtiments de guerre, innovations qui n'ont trouvé leur application que beaucoup plus tard. Ce mémoire a été publié récemment, je crois, dans le *Spectateur Militaire*. Roentgen est trop peu connu, il mérite une place d'honneur dans l'histoire de l'industrie. Si vous pouvez contribuer à lui rendre la place qu'il mérite vous ferez un acte de piété.

» Agréez, etc.

» Signé: Th. P. Löhnis. »

Voici maintenant un extrait d'une lettre adressée également à M. J. de Koning par M. Huet, professeur à l'école polytechnique de Delft et ingénieur de grande réputation, lettre en date du 25 novembre dernier :

« Il n'y a pas de doute que depuis 1829 le principe de la machine compound n'ait été appliqué sur une grande échelle par feu M. Roëntgen, de Feyenord. Mais le fait cité par M. Lohnis qu'aucun des brevets demandés dans les Pays-Bas par M. Roëntgen ne se rapporte aux machines compound, laisse une incertitude sur le véritable inventeur. L'ouvrage de M. Tremtsuk, cité dans la note annexée, pourra donner quelques lumières. Je ne le possède pas, mais M. Mallet pourra probablement le retrouver en France.

» M. Roëntgen était un homme éminent, mais il a eu une fin douloureuse. Probablement par suite d'excès de travail, il a perdu la raison et a dû être enfermé dans une maison de santé. Ceci m'a été dit par feu M. M.-C. Mees, ancien président de la Banque Néerlandaise, qui avait accompagné M. Roëntgen lors de son départ pour la maison de santé.

» M. Roëntgen était lieutenant de 1re classe de la marine, adjudant du directeur et commandant de la marine dans le département en chef de la Meuse, à Rotterdam, et membre de l'Institut des Ingénieurs civils de Londres. Dans la réunion des 27 et 28 juin 1823, la société provinciale des Arts et des Sciences à Utrecht lui décerna la médaille d'or pour sa réponse à une question proposée par la Société sur l'introduction de la navigation à vapeur sur les canaux, rivières et mers intérieures des Pays-Bas.

» En 1824, fut fondée à Rotterdam la « Nederlandsche Stoombootmaatschappy » ou Société Néerlandaise de navigation à vapeur, qui existe encore aujourd'hui et qui possède les chantiers de Feyenoordt. Les fondateurs étaient MM. J.-C. Baud, de La Haye, C. van Vallenboom, G. M. Roëntgen, de Rotterdam et John Cockerill, de Liège. Les directeurs étaient MM. G. M. Roëntgen et C. van Vallenboom. En 1826, commencèrent les travaux de construction, les deux années précédentes ayant servi à organiser les ateliers et, dès 1829, on modifiait les machines du *James Watt* construit en Angleterre, en remplaçant un des deux cylindres de 0,507 *m* de diamètre par un autre de 1,37 *m*.

» Mais la notice annexée mentionne pour la même année 1829 la machine compound construite par Hallette, d'Arras, et, l'ouvrage de Encory Edwards cite une machine compound construite, en 1825, par Allaire. M. Roëntgen n'était pas mécanicien d'éducation et d'après ce qu'on m'a dit, son sous-directeur était un Anglais, M. Bennett. Les chaudières de bateaux qu'il employait de préférence étaient des chaudières à bouilleurs d'un type très répandu en France quoiqu'il eût été inventé par Woolf sous une forme différente.

» Or, nous savons deux choses avec certitude : L'introduction de la haute pression dans la navigation a été faite en Amérique beaucoup plus tôt qu'en Angleterre. L'emploi des machines de Woolf avec les chaudières à bouilleurs était très répandu en France alors qu'on les appliquait peu en Angleterre où le charbon ne coûtait pas cher.

» N'est-il pas probable que la première application de la machine compound a été faite en France ou en Amérique, pays où on était accoutumé à l'emploi de la vapeur à haute pression, condition nécessaire pour l'application utile de la machine compound?

» Il nous a semblé que c'est dans les registres des brevets de ces deux pays qu'il faudrait poursuivre les recherches et si ces recherches ne conduisent pas à trouver un inventeur antérieur à M. Roëntgen, c'est bien à celui-ci que reviendrait l'honneur.

» Signé : A. Huet. »

La note qui est jointe à la lettre de M. Huet contient un extrait de l'ouvrage américain *A Chronological History of the origine and development of steam navigation*, by Geo. H. Preble Rear Admiral. U. S. N. *1543-1882*. Philadelphie L. R. Hamersly et C°, Editors, 1883, page 177.

Malheureusement ce document ne nous apprend rien de nouveau, car ce n'est que la traduction de la note que nous avons publiée dans la Chronique de Juin 1880, page 769 sous le titre : ***Anciennes machines compound pour bateaux***, dans laquelle nous donnions quelques renseignements sur deux machines compound l'une à 2, l'autre à 3 cylindres tirés d'une brochure très rare, publiée à Bordeaux, en 1842, par C. A. Tremtsuk et intitulée : ***Recueil de décrets, ordonnances, instructions, décisions réglementaires sur les machines à feu et sur les bateaux à vapeur.***

La note de M. Huet cite encore deux ouvrages américains dans lesquels il est question de machines compound pour bateaux construites aux États-Unis dès 1825, par Allaire.

La lettre de M. Huet contient des renseignements pleins d'intérêt, mais nous ne saurions suivre l'auteur dans ses conclusions. En effet, on sait parfaitement que les machines d'Allaire étaient de pures machines de Wolf dont les deux cylindres actionnaient une manivelle unique. Les renseignements à cet égard abondent; on en trouve dans Renwick, dans l'ouvrage du professeur Thurston, dans des articles du *Journal de l'Institut de Franklin*, etc. Or les patentes que nous étions portés à attribuer à Röentgen insistent précisément sur les inconvénients que ce type de machines présente pour la navigation et sur l'avantage que réaliserait l'emploi de moteurs à fonctionnement analogue, mais avec deux cylindres agissant sur des manivelles à angle droit.

Il est bien difficile de dire quelque chose sur la machine compound d'Hallette que Tremtsuk fait remonter à 1829. Nous avons signalé déjà le rapport insignifiant des volumes des deux cylindres qui n'étaient que de 1,1 et qui semblerait indiquer, si toutefois ce rapport est exact, que cette machine aurait été conçue dans des idées particulières s'écartant notablement du principe de Woolf, car toutes les machines établies d'après ce dernier avaient à cette époque des rapports de volume de 1 à 3 au moins.

Peut-être il y a t-il là des erreurs de dates ou de chiffres. On ne saurait se figurer, sans y avoir passé, les difficultés qu'on éprouve dans les recherches historiques où on est souvent exposé à ajouter foi à des documents anciens qu'on ne peut vérifier et qui auraient souvent grand besoin d'être contrôlés. Nous n'en citerons qu'un exemple. Dans la même chronique de juin 1880, nous citions, d'après l'ouvrage sur les bateaux à vapeur de Mellet et Tourasse, publié en 1828-1829, le fait intéressant que les bateaux Hollandais *Guillaume 1er*, *Louis* et *Concorde*, naviguant, le premier entre Rotterdam et Nimègue et les deux autres sur le Rhin, portaient des machines Woolf, construites à Jemeppe, près Liège, par M. Billard.

Ayant consulté à ce sujet M. Beer, constructeur bien connu à Jemeppe, nous reçûmes de lui l'affirmation qu'il n'y avait jamais eu de constructeur du nom de Billard à Jemeppe et qu'il n'y avait trouvé aucune trace du fait signalé.

Il y avait encore, en faveur de Roëntgen, deux documents importants; le premier est un passage d'un travail de M. Otto Hermann Müller, publié dans le *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur and Architekten*, 1867, pages 33 et suivantes.

Dans ce travail consacré aux divers systèmes de changement de marche des machines de bateau, l'auteur, après avoir mentionné les machines compound employées sur quelques bateaux du Danube et fournies par la maison Escher Wyss et Cie, de Zurich, ajoute: « Au reste cette disposition de machine de bateau du système Woolf n'est aucunement nouvelle, car des machines du même genre ont été installées par Roëntgen, de Rotterdam, en 1840, sur les bateaux *Elisabeth*, *Stadt Magdeburg* et *Kronprinz Paul Friedrich*, faisant le service sur la Basse-Elbe.

» C'étaient des machines ayant les cylindres inclinés l'un vers l'autre et de longs bâtis en fonte qui éprouvèrent de fréquentes ruptures.

» Ces machines, avec leurs volumineuses chaudières à bouilleurs, occupaient une grande partie de la coque et, par cette raison et par suite de leur poids considérable, ne convenaient pas pour des bateaux de rivières; elles furent donc bientôt remplacées sans qu'on ait poursuivi plus loin l'application d'une idée bonne en elle-même.

» Plus tard, M. Murray Jackson appliqua le même principe aux machines des bateaux du Danube. C'est ainsi qu'une idée vieille de 26 ans est revenue pleinement en honneur. »

Voici le second document. Le journal *Engineering* avait publié, dans son numéro du 9 septembre 1870, page 183, le dessin d'une vieille ma-

chine compound du type qui nous occupe, construite en 1848 par l'usine de Sterkrade pour le bateau du Rhin *Kronprinz von Preussen* (1).

Le même journal, dans son numéro du 2 décembre 1870, page 402, publiait la lettre suivante qui présente un grand intérêt pour la question :

« Au sujet de l'article de votre journal du 9 septembre 1870 dans lequel vous demandez si quelqu'un de vos lecteurs pourrait vous fournir des renseignements sur les machines campound du type décrit dans cet article, je puis vous informer que des machines exactement semblables ont été faites en 1832 aux ateliers de Feyenord, en Hollande.

» Une de ces machines fut montée sur le bateau hollandais *Admiraal van Kinsbergen*, faisant le service entre Amsterdam et Kampen, sur le Zuydersée ; ce bateau navigua régulièrement pendant plus de 25 ans. La coque avait 35 *m* de longueur, 5,20 *m* de large et 1,40 *m* à 1,50 *m* de tirant d'eau. Les cylindres avaient, l'un 0,335 *m* de diamètre et l'autre 0,71 *m*, avec course commune de 0,915 *m*.

» La pression à la chaudière était de 5 1/2 *kg*, le nombre de tours par minute de 30. Le tuyau de communication entre les deux cylindres avait un volume de trois fois environ celui du petit cylindre. Il était enveloppé de feutre et de toile et les cylindres eux-mêmes étaient revêtus de feutre et de bois. On brûlait environ 8 quintaux de charbon de Newcastle, non criblé, à l'heure.

» Vers 1848, M. C. Penning, de Kampen, construisit dans cette ville trois machines compound pour bateaux. Une d'elles fut mise dans le vapeur *Stad Deventer* faisant également le service entre Amsterdam et Kampen. Les cylindres étaient placés l'un à côté de l'autre ; ils avaient respectivement 0,43 *m* et 0,86 *m* de diamètre et 1 220 *m* de course. La machine faisait 28 et 29 tours par minute avec de la vapeur à 5 1/2 *kg* de pression. Le volume du réservoir intermédiaire était 1 1/2 fois la capacité du petit cylindre. Il était, ainsi que les cylindres revêtu de feutre et de bois.

» Je serais heureux si quelqu'un de vos lecteurs pouvait fournir quelques renseignements complémentaires sur une question qui présente pour moi le plus grand intérêt. Je n'ai ici ni notes ni dessins, et ne vous donne donc les renseignements ci-dessus que de mémoire, mais je suis sûr des dimensions de ces machines ayant eu ces bateaux, entre autres, dans mon service de 1855 à 1861.

Newcastle-sur-Tyne, 26 novembre 1870.

Signé : M. Van Ruth.

Les documents ci-dessus confirment ce que nous savions déjà, savoir que Roentgen avait construit, à Feyenoord, des machines compound à une époque déjà lointaine, mais ils ne nous apportent aucune lumière sur le fait des brevets. Néanmoins si, comme M. Heidel le disait à M. Kraft, la patente anglaise prise au nom de E. Wolff devait être attribuée à Roentgen, il était infiniment probable qu'il devait en être de

(1) Le dessin de cette machine se trouve reproduit dans le Bulletin de la Société de Ingénieurs civils, année 1873.

même du brevet français pris au nom d'André Koechlin et Cie, dont la description est identique à celle de la patente anglaise.

Cette probabilité est devenue une certitude, grâce à une indication que nous devons à l'obligeance de notre collègue et ami M. Daniel Stapfer qui a bien voulu attirer notre attention sur de précieux documents contenus dans les Bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse.

En effet, on trouve dans le tome 9, année 1836, des publications de cette Société, un travail, très remarquable pour l'époque, intitulé : *Mémoire sur les machines à vapeur, sur des expériences comparatives à faire sur les divers systèmes de machines et sur l'utilité que présenterait un ouvrage complet et classique sur cette partie essentielle de l'industrie manufacturière*, par M. Emile Koechlin, mémoire lu dans la séance du 29 avril 1835.

Il est indiqué dans ce travail que sur « 55 machines à vapeur qui existent dans le département du Haut-Rhin, et qui réunissent la force collective d'environ 1 000 chevaux, la plupart sont à moyenne pression du système de Woolf, 9 seulement sont à basse pression du système de Watt, et 3 à haute pression, dont 2 de Saulnier et 1 de Cavé, 1 à 3 cylindres d'Aitken et Steel, et 1 à moyenne pression et à double balancier d'un système inventé par M. Roentgen, de Rotterdam, directeur de la navigation rhénane et breveté en France par MM. André Koechlin et Cie.

» Cette machine, construite par cette maison, est établie dans la filature de MM. Koechlin et Cie, à Vieux-Thann ; elle est de la force nominale de 16 chevaux, le petit cylindre a 0,298 *m* de diamètre, et le grand 0,514, les pistons parcourent 55,20 *m* par minute ; le rapport de volumes des deux cylindres est de 1 à 3, et la machine développe au frein un travail de 20 à 25 chevaux. »

L'auteur du mémoire ajoute que « la machine Roentgen donne beaucoup moins de force qu'une machine de Woolf, et n'est pas aussi avantageuse ; cela provient de la grande irrégularité de la pression sur le grand piston, M. Roentgen a commencé à construire ces machines pour les bateaux à vapeur qui contiennent ordinairement deux machines à basse pression travaillant sur le même arbre, sans volant et les manivelles placées d'équerre. M. Roentgen place le petit cylindre d'un côté du bateau, et le grand du côté opposé ; il en résulte qu'il n'y a plus qu'une seule machine à haute pression, et l'expérience faite par la Compagnie hollandaise a prouvé qu'il en résultait une économie de 3/8 sur les machines à basse pression. Il est certain que le plus économique serait d'adapter aux bateaux à vapeur deux machines de Woolf... Le défaut de cette machine est au grand cylindre qui, dans ce système, rend moins que le petit, tandis que c'est le contraire dans celle de Woolf ».

La cause de l'infériorité signalée dans la machine de Roentgen tenait vraisemblablement à la distribution défectueuse de la vapeur. Il semble résulter en effet des indications contenues dans le mémoire que nous venons de signaler que l'admission avait lieu pendant toute la course ou à peu près dans les deux cylindres, comme cela se pratiquait dans les machines Woolf ; or, avec le rapport de volumes de cylindres de 3

que présentait cette machine, il aurait fallu ne donner qu'une assez faible admission au grand cylindre pour éviter la chute énorme de pression qui devait se produire au réservoir en réduisant considérablement le travail du grand cylindre.

Il aurait fallu peu de chose pour améliorer beaucoup cette machine; on conçoit d'ailleurs que la disposition adoptée de deux machines complètes à balancier pour une force de 20 ou 25 chevaux ne pouvait guère recommander un type de ce genre pour moteur d'usine.

Il est donc désormais hors de doute que l'invention de la machine compound à réservoir dont l'emploi a pris de nos jours une si grande extension doit être attribuée au constructeur hollandais Gérard-Maurice Roentgen, lequel a non seulement décrit dans des brevets rédigés de la manière la plus claire et la plus nette la disposition essentielle de cette machine ainsi que ses détails les plus importants, mais encore en a fait de nombreuses applications; on peut dire que l'usine de Feyenoord où ce type a pris naissance en 1829 n'a pour ainsi dire jamais cessé de le construire.

Nous croyons qu'il n'est pas moins intéressant d'avoir signalé que l'application du système compound à réservoir à une machine fixe a été très probablement faite pour la première fois, en France, et par un constructeur français, et cela dès 1834.

Quelques-uns de nos collègues nous ayant témoigné le désir de nous voir reproduire ici la nomenclature des machines à haute et basse pression que nous avons mentionnée dans la Chronique d'octobre, page 535, et qui nous a été communiquée en 1874 par M. J.-B. Tideman, alors Ingénieur en chef de la marine néerlandaise à Amsterdam (1), nous la donnons ici.

Machines à haute et basse pression construites à Feyenoord, près Rotterdam avant 1843.

N° 1. — *James Watt*, machine construite en Angleterre, à haute pression, roues à aubes à l'arrière; en 1829 on donna au bateau le nom de *Stad Keulen* et on remplaça un des cylindres de 0,507 *m* de diamètre par un de 1,37 *m* avec même course 1,016, le prolongement de la tige du grand piston actionnant la pompe à air.

N° 2. — *Hercules*. — Machine du vapeur *Agrippina* à haute pression; deux cylindres de 0,532 *m* de diamètre et 1 524 de course; en 1829, on ajoute à ces deux cylindres un troisième de 1 370 de diamètre, recevant la vapeur d'un réservoir où déchargeaient les deux autres. Plus tard, cette machine fut mise dans le vapeur *Rotterdam III* qui navigue encore aujourd'hui (1874) (2).

N°s 3 et 4. — *Ternate* et *Banda*, 1834, plus tard nommés *Hekla* et *Etna*,

(1) M. J.-B. Tideman, mort depuis quelques années, était parent de M. J. Tideman, secrétaire de l'Institut Royal des Ingénieurs, à La Haye, dont un grand nombre de nos collègues ont eu le plaisir de faire la connaissance, lors de la récente réception par la Société des Ingénieurs civils des Ingénieurs belges et hollandais.

(2) Si le fait de la machine compound construite par Hallette, en 1829, est exact, on doit reconnaître que les idées qui guidaient ce constructeur et Roëntgen étaient bien différentes. Le rapport de volumes de cylindres de la machine de Hallette n'était que de 1,11, tandis que le même rapport est de 7,2 pour la machine du *Stad Keulen* et de 6 pour celle de *l'Hercules*.

deux petits vapeurs de guerre de la marine coloniale de l'État néerlandais ; diamètres des cylindres 0,330 et 0,639 *m*, course 0,661.

N° 5. — *Rhyn*, vapeur à deux paires de machines à cylindres inclinés l'un vis-à-vis de l'autre sur la même manivelle, construit en 1836.

Diamètres des cylindres 0,635 et 1,091 *m*, course 2,133 *m*. Plus tard, ces machines furent divisées en deux et placées à bord des vapeurs *Rotterdam I* et *Rotterdam II*, qui naviguent encore aujourd'hui (1874).

N°s 6 et 7. — Deux bateaux à vapeur pour la Compagnie de navigation du Danube, à Regensburg, construits en 1837 ; cylindres de 0,381 et 0,762 *m*, course de 0,926 *m*.

N°s 8, 9 et 10. — Trois de ces mêmes machines pour la Compagnie de navigation à vapeur sur l'Elbe, à Magdebourg, construites en 1837, mêmes dimensions que les précédentes (1).

N°s 11, 12 et 13. — *Drusus*, *Admiraal van Kinsbergen* et *Issel* (2), cylindres de 0,381 et 0,762, et course de 0,926, vapeurs semblables aux précédents pour la Compagnie Néerlandaise de navigation sur l'Issel et le Rhin, construits en 1839-40.

N° 14. — *Batavia*, 1839-40, vapeur de la marine coloniale néerlandaise, cylindres placés l'un à côté de l'autre, diamètres 0,762 et 1 524 *m*, course 1 676 *m*.

N° 15. — *Waal*, 1839-40. Ce vapeur, dont la machine à haute pression avait deux cylindres de 0,457 *m* de diamètre, est reconstruit sous le nom de *Prince de Joinville* ; l'un des cylindres est remplacé par un de 0,889 *m*, avec même course 1041. Cette machine existe encore aujourd'hui (1873).

N° 16. — *Rotterdam*, 1839. Ce navire, qui d'abord portait le nom de *Willem III*, avait une machine à condenseur à surface qui fut bientôt remplacée par un condenseur à injection ; les cylindres avaient les diamètres de 0,406 et 0,812 *m*, course 0,915.

N° 17. — *Maas* ou *Venlo*, 1841, machine à cylindres de 0,381 et 0,812 *m* de diamètre, course 0,914, avec manivelles indépendantes l'une de l'autre, chaudière à tirage artificiel produit avec un ventilateur.

N° 18. — *Prinz Emil*, 1842. Machine à cylindres de 0,507 et 0,813 *m* de diamètre, course 2 135 ; ce bateau fut d'abord nommé n° 22, puis *Prinz Emil*, et plus tard *Laurens Janszoon Koster*, il navigue encore régulièrement aujourd'hui (1874) sur le Rhin.

Il est intéressant de signaler, à propos des dimensions de ces diverses machines, que les rapports de volumes énormes de 6 et même 7,2 entre les cylindres des premières, diminuent peu à peu vers 4, pour arriver à 2,5 dans la dernière machine. Ce rapport est celui de beaucoup de machines compound actuelles. C'est l'expérience qui a évidemment guidé Roentgen dans cette réduction.

(1) Ces machines sont vraisemblablement celles des bateaux *Elisabeth*, *Stadt Magdeburg* et *Kronprinz Karl Friedrich*, signalées par M. Otto Muller, avec la date de 1840.

(2) Dans la lettre de M. Van Ruth, reproduite plus haut, est signalé un bateau portant ce nom de *Admiraal van Kinsbergen*, dont les dimensions de cylindres ne diffèrent que très peu de celles-ci, mais avec la date de construction de 1832.

Altitudes atteintes par des chemins de fer. — Le chemin de fer qui doit relier Buénos-Ayres à Valparaiso traverse les Andes au col de Uspallata, par un tunnel qui aura à peu près 5 *km* de longueur et qui se trouvera à l'altitude de 3187 *m*. Cette hauteur au-dessus du niveau de la mer est très considérable par rapport aux altitudes atteintes en Europe, où les deux chiffres les plus élevés sont actuellement 2070 *m* pour la station supérieure du chemin de fer du Pilate et 1755 *m* pour celle du chemin de fer du Rigi. Le point culminant de la ligne du Gothard, situé à peu près au milieu du grand tunnel, n'est qu'à 1154 *m* ; il est moins élevé que celui de quelques autres grandes lignes européennes. Il y a toutefois dans l'Amérique du Nord des altitudes plus considérables que celles que nous venons d'indiquer pour le chemin de fer transandin ; ainsi la ligne de Denver-Rio-Grande a son point culminant près de Leadville, Colorado, à 3596 *m* d'altitude ; le tunnel d'Alicante près de là est à 3415 *m* ; enfin le tunnel de faite du chemin de fer des Andes au Pérou, d'après le projet, dépassera de beaucoup outes ces hauteurs, son altitude devant être de 4780 *m*.

Tunnel sous un fleuve. — Dans la chronique de janvier 1888 page 138 nous avons signalé le tunnel en construction à Saint-Clair sous la rivière Détroit pour la jonction des chemins de fer canadiens et américains. Le percement de ce tunnel avance, paraît-il, à raison de 2,13 *m* par jour en moyenne de chaque côté. Il y a de terminée une longueur de 60 *m* sur la rive canadienne et de 120 *m* sur la rive américaine ; de plus, les tranchées d'approche de 1650 *m* de longueur sur 18 *m* de profondeur sont achevées. Ces indications se rapportent à la date du 1er novembre. On travaille actuellement dans l'argile bleue compacte ; on emploie des boucliers qu'on fait avancer à la fois de 0,50 *m* environ au moyen de pistons hydrauliques, à mesure qu'on a déblayé cette quantité. On se propose d'employer la congélation au cas où on viendrait à rencontrer des terrains perméables à l'eau.

Une grande cheminée. — On vient d'achever aux forges de Fall River, dans la localité de ce nom, dans l'État de Massachusetts, aux États-Unis, une cheminée qui est la plus élevée qu'il y ait en Amérique, et que ses propriétaires revendiquent comme la plus haute du monde, en tant que cheminée destinée à produire le tirage pour chaudières à vapeur. Elle a 103,70 *m* de hauteur au-dessus de sa base en granit et 9,15 *m* de côté, à la partie inférieure.

Cette cheminée a 1,52 *m* de plus que celle de la filature de Clarck et Cie, à East Newark, New Jersey, dont nous avons dit quelques mots dans la Chronique d'octobre 1888, page 653, et qui y était indiquée comme ayant 102 *m* en nombre rond. Il y a également à Boston, Massachusetts, une cheminée de 61 *m*, et, à Providence, Rhode-Island, une de 55 *m* ; ce sont les quatre cheminées les plus élevées des États-Unis. Les deux dernières n'ont rien d'extraordinaire.

Les plus hautes cheminées du monde étaient encore récemment celle de Townsend, à Glasgow, 138,50 *m*, celle de Saint-Rollox, également à Glasgow, 133 *m* et celle de Dobson et Barlow, à Bolton, 112 *m*. Mais la

cheminée, récemment achevée à Freiberg en Saxe, vient modifier cet ordre en se plaçant en second rang; elle a en effet 135 *m* de hauteur; sa base a 10,40 *m* de côté, et elle se termine à la partie supérieure par une ouverture circulaire de 3,05 *m* de diamètre. Cette cheminée est destinée à l'évacuation des gaz des hauts fourneaux de même que les trois autres dont nous venons de parler ont pour but de faire échapper les vapeurs acides de fabriques de produits chimiques.

En tout cas, la cheminée de Fall River ne peut soutenir la prétention que nous avons mentionnée plus haut d'être la plus haute cheminée du monde, comme cheminée de chaudières à vapeur, que si les deux cheminées françaises de 108 et 109 *m* signalées dans la chronique précitée n'appartiennent pas à cette catégorie.

Enfin le compte rendu de l'excursion des membres de l'*Iron and Steel Institute* dans le bassin de la Loire parle de la cheminée de 105 *m* (1) de l'usine de MM. Marrel frères, à Rive-de-Gier, dont la hauteur est encore supérieure à celle de la cheminée de Fall River.

(1) Dans le compte rendu de l'Excursion des Ingénieurs, membres de l'Iron and Steel dans la Loire, c'est par erreur que cette cheminée a été indiquée comme ayant 118 *m* de hauteur (*Bulletin* de novembre, page 641, ligne 17).

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Septembre 1881

Note sur la **Forme du prisme de poussée des terres**, par M. Lancelin, Inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur la direction que prend la poussée des terres contre un mur dont le parement intérieur est vertical. L'objet de la note est d'indiquer les résultats approximatifs auxquels on est conduit par des considérations élémentaires, en laissant de côté les recherches analytiques d'un ordre élevé.

La conclusion du mémoire est que, comme l'a indiqué M. Boussinesq, l'hypothèse d'une rupture plane du massif de poussée, si elle n'est pas rigoureuse, doit fournir un résultat très approché, à cause de la faible variation de la poussée aux environs du maximum, et qu'en généralisant, on peut admettre que, pour un profil quelconque du terrain, et quelle que soit l'inclinaison de la poussée sur une paroi verticale, les calculs basés sur l'hypothèse d'un prisme rectiligne peuvent être tenus, dans les applications, pour suffisamment exacts.

Note sur le **Manuel de droit administratif** de M. G. Léchalas, Ingénieur des ponts et chaussées, par M. Bechmann, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur la **Détermination des coefficients de qualité des matériaux d'entretien**, par voie d'expériences directes, par M. Mille, Ingénieur des ponts et chaussées.

Il avait été entrepris, en 1878, des expériences sur l'évaluation rationnelle des coefficients de qualité des matériaux d'entretien des chaussées empierrées. Ces expériences n'ont donné, en général, que des résultats douteux. L'auteur pense que ce fait est dû aux conditions dans lesquelles ont été conduites les expériences, et qu'on peut, au contraire, avoir des résultats concordants, utiles et concluants, lorsque le dispositif des expériences est combiné de manière à permettre de relever tous les éléments de l'usure. Ainsi, un des éléments, qui, bien qu'essentiel, ne paraît pas être entré en ligne de compte jusqu'ici, est le déchet de mise en œuvre des matériaux. Ce déchet peut, dans certains cas, s'élever jusqu'à un tiers, c'est-à-dire que, si on démontait la chaussée immédiatement après le cylindrage, on n'y retrouverait, comme cube utile, que les deux tiers des matériaux mis en œuvre. On comprend que, si l'on tient compte de ce déchet, l'usure réelle de la chaussée par la circulation devient bien moindre qu'on ne le supposait autrement et que, dès lors, le coefficient de qualité se trouve considérablement augmenté.

La méthode des profils, généralement employée pour l'appréciation de l'usure des chaussées, ne peut donner que de mauvais résultats et

doit être remplacée par l'emploi des sondages appliqués toutefois de manière à écarter certaines causes d'erreur.

Le mémoire donne le dispositif pratique essayé sur un champ d'expériences formé d'une section de route aux abords d'Arras, ainsi que les résultats obtenus, c'est-à-dire les coefficients de qualité des divers matériaux expérimentés, disposés sous forme de tableaux.

Note sur **l'explosion d'une chaudière de locomobile,** à Ciron (Indre), par M. Olry, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines.* (Voir comptes rendus de septembre 1889, page 387.)

Note sur **l'explosion d'un tube de chaudière à petits éléments,** à Paris, par M. Olry, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines,* (Voir comptes rendus de septembre 1889, page 387.)

Remarques sur **les calculs de résistance des ponts de chemin de fer,** note par M. de Preaudeau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Dans une note insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées* de janvier 1889 (Voir comptes rendus de mai 1889, page 881), M. Collignon a présenté l'application de la méthode qu'il propose pour déterminer la charge uniformément répartie équivalente à l'ensemble des charges discontinues que produisent les trains d'epreuve des ponts.

D'une étude sur cette méthode M. de Preaudeau conclut que, pour évaluer avec une approximation suffisante dans la pratique les poids uniformément répartis qu'on peut substituer dans les calculs de résistance aux charges d'épreuves, il suffit de diviser la somme de ces charges par la portée, en augmentant le résultat de 5 0/0 pour les portées comprises entre 50 et 100 *m.*

Cette conclusion ne s'appliquerait pas aux poutres inférieures à 10 *m,* pour lesquelles l'effet des charges est très variable suivant la portée, et exige des calculs spéciaux pour chaque cas particulier ; elle montre qu'on peut tout aussi bien définir les éléments de la résistance des poutres droites au moyen d'un train d'épreuve type que par des tableaux de charges variables avec chaque portée ; elle justifie les remarques que l'auteur avait été conduit à faire sur le même sujet à la suite des épreuves du pont de Cubzac.

ANNALES DES MINES

4me livraison de 1889.

Note sur **l'explosion d'une chaudière à vapeur** dans un hôtel, à Hartford (États-Unis), par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines.

Une chaudière a fait explosion le 18 février 1889, à Hartford, dans le sous-sol d'un hôtel, où elle servait au chauffage et à la mise en marche des machines des ascenseurs, de l'éclairage électrique et de la blanchisserie.

L'explosion amena la destruction partielle de l'hôtel et la mort de vingt-trois personnes.

La chaudière était formée d'un corps cylindrique horizontal contenant 58 tubes à fumée installé dans un fourneau en maçonnerie. La flamme, après avoir chauffé le dessous du corps cylindrique, faisait retour par les tubes. La chaudière, éprouvée à 10 *kg*, était autorisée à fonctionner à 5,25 *kg* de pression.

L'explosion semble s'être produite sous forme de déchirure suivant une génératrice placée à la partie supérieure et traversant l'ouverture du trou d'homme. L'enquête paraît avoir attribué l'accident à une surcharge des soupapes de sûreté; il semble permis de se demander si l'explosion n'a pas eu surtout pour cause la fatigue de la partie de la chaudière correspondant au trou d'homme.

Essais pratiques faits dans quelques exploitations de mines sur divers explosifs indiqués par la commission des substances explosives. — Résumé des rapports adressés à la commission, par M. Mallard, Inspecteur général des Mines.

Ces essais comprennent deux séries distinctes, la première faite sur une certaine quantité de mélanges contenant de l'azotate d'ammoniaque, la seconde sur une quantité un peu plus forte de mélanges un peu différents. Ces mélanges avaient été adressés en deux envois successifs aux Compagnies minières suivantes: Anzin, Blanzy, Firminy et Ronchamp, qui ont bien voulu les expérimenter et fournir des rapports sur les résultats. C'est le résumé de ces expériences qui se trouve consigné dans cette note.

Note sur diverses expériences concernant **l'emploi des explosifs dans les mines à grisou**, par M. Mallard, Inspecteur général des Mines.

Cette note est relative à certains points tels que les expériences faites à Anzin sur la flamme produite par les explosifs, le bourrage avec des matières très aqueuses, les amorces Lauer, la continuation des expériences des commissions autrichienne et prussienne, et les expériences de Schlesbuch.

Expériences à propos de **la soupape de sûreté de M. Dulac**, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines.

Avec les soupapes de sûreté ordinaires, si la pression intérieure du générateur est constante, l'effort exercé par la vapeur décroît quand la soupape se lève, en raison de la diminution de la pression moyenne sous le clapet qui résulte de l'écoulement du fluide.

L'objet du perfectionnement des soupapes est d'obtenir une limitation automatique de la pression au moyen d'organes simples et de dimensions réduites.

On a généralement cherché à disposer, au-dessus du clapet propre-

ment dit, une surface supplémentaire d'action. M. Dulac fait de cette surface supplémentaire un tronc de cône contre lequel la vapeur d'échappement agit, partie par pression, partie par frottement, mais peu ou point par choc. Nous ne pouvons, en l'absence de figures, qu'indiquer le principe.

Il a été fait une série d'expériences sur une chaudière de la Compagnie parisienne du Gaz.

On enregistrait simultanément les variations de la pression intérieure du générateur et les levées de la soupape. Les résultats sont consignés dans une série de tableaux.

Note sur la **la fabrication et les propriétés des ciments de laitiers**, par M. A. Prost, Ingénieur des Mines.

On utilise aujourd'hui les laitiers de hauts fourneaux pour la fabrication de ciments pouzzolanes; il y a là une question très intéressante pour les usines métallurgiques pour lesquelles les laitiers constituent une grave source d'embarras. Mais le ciment de laitiers ne peut être employé sans discernement. Il ne convient pas pour l'exposition à l'air à des alternatives de sècheresse et d'humidité; mais, comme mortier hydraulique et pour les constructions souterraines, il peut lutter avec les ciments de Portland dont le prix est environ le double. On l'emploie surtout pour fondations de bâtiments et de machines, constructions hydrauliques, etc. Cette utilisation des laitiers se répand rapidement en Allemagne, en France, en Angleterre et même en Suisse. La matière première est pour ainsi dire inépuisable.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 48. — 30 novembre 1889.

Torpilleurs construits pour le gouvernement ottoman, par la Société « Germania », à Berlin et Kiel.

Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents à Berlin en 1889. — Machines à vapeur, par C. Leist *(Suite)*.

Transformation de l'énergie électrique, par le Dr R. Ruhlmann.

Précautions qu'entraine l'augmentation de vitesse des pistons dans les élévations d'eau, surtout à une grande hauteur, par J. Tobell.

Groupe de la Lenne. — Fabrique de pianos de R. Ibrach.

Groupe de Wurtemberg. — Emploi des schistes du lias comme combustible pour les chaudières à vapeur, les bacs de salines, la cuisson des ciments, etc.

Patentes.

Inauguration du monument de J.-B. Mayer.

N° 49. — 7 *décembre* 1889.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon.

Torpilleurs construits pour le gouvernement ottoman par la Société « Germania » à Berlin et Kiel *(fin)*.

Précautions qu'entraine l'augmentation de la vitesse des pistons dans les élévations d'eau, surtout à une grande hauteur, par J. Tobell *(fin)*.

Embrayages pour arbres et engrenages. — Complément, par Ad. Ernst.

Patentes.

Bibliographie. — Lessivage des cendres d'argent avec des dissolutions d'hyposulfite, au point de vue particulièrement du procédé Russell, par C.-A. Stetefeld.

Correspondance. — Renseignements au sujet de l'explication du fonctionnement automatique des soupapes. — Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents : machines à vapeur. — Rôle des accumulateurs pour les applications de l'électricité.

N° 50. — 14 *décembre* 1889.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Transformation de l'énergie électrique, par le Dr R. Ruhlmann *(suite)*.

Mines. — Emploi des explosifs dans les mines à grisou.

Groupe de Berlin. — Le caoutchouc et ses applications.

Groupe du Rhin inférieur. — Port de Dusseldorf. — Appareil pour mesurer la vitesse.

Patentes.

Variétés. — Construction de navires dans les divers pays du monde en 1887 et 1888.

N° 51. — 21 *décembre* 1889.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Transformation de l'énergie électrique, par le Dr R. Ruhlmann *(fin)*.

Support des gros arbres de machines, par Otto H. Müller.

Rapport des volumes et des admissions dans les machines à plusieurs cylindres, par M. Kohn.

Groupe de Wurtemberg. — Emploi des schistes du lias comme combustible, pour les chaudières à vapeur, les bacs de salines, la cuisson des ciments, etc. *(fin)*.

Patentes.

Correspondance. — Diagrammes de la machine Corliss de Clausthal.

Variétés. — Recherches sur la foudre. — Exposition d'électricité. — Exposition générale allemande d'agriculture à Strasbourg. — Exposition industrielle permanente à Leipsick.

N° 52 — 28 *décembre* 1889.

Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents, à Berlin en 1889. — Machines à vapeur, par C. Leist *(fin)*.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris, en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Avantage de l'élévation de la pression dans les machines Compound, par G. Ensrud.

Machines à brosser de Seck frères, par A. Gerson.

Patentes.

Correspondance. — Influence du mouvement de la terre sur les relations commerciales. — Tables pour construction de machines. — Indicateur de vitesse.

Bibliographie. — Formation des montagnes, par le Dr J.-H. Kloos.— Les machines à gaz, par R. Schöttler.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'empire allemand, en 1888. — Ligne téléphonique entre Buenos-Ayres et Montevideo.

Pour la chronique et les comptes rendus,
A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1889

Accidents de chemins de fer en Angleterre, Août, II, 222.

Acier (Coulée des lingots d'), Novembre, II, 662.

Action de l'Aluminium dans la fonte, Janvier. I, 138.

Age d'Aluminium, Mars, I, 586.

Air (Dangers de l'emploi des huiles légères pour le graissage des compresseurs d'), Avril, I, 708.

Alimentation (Réchauffeurs d'), Octobre, II, 532.

Allemagne (Navigation fluviale en), Avril, I, 714.

Allemands (Chemins de fer) en 1888, Août, II, 221.

Alliages (Production des) d'Aluminium par l'électricité, Mai, I, 875.

Altitudes atteintes par des chemins de fer, Décembre, II, 766.

Aluminium (Action de l') dans la fonte, Janvier, I, 138; — (Age d'), Mars, I, 586; — (Production des alliages d'), par l'électricité, Mai, I, 875; — (Extraction de l'), Novembre, II, 660.

Américains (Barres à œil des ponts), Septembre, II, 382.

Amérique (Procédé Poetsch en), Février, I, 305; — (Forêts de l') du Nord, Juin, I, 972; — (Fabrication du coke en), Juillet, II, 98. (Voir aussi **États-Unis**.)

Ammoniaque (Moteur à), Février, I, 300.

Angleterre (Accidents de chemins de fer en), Août; II, 222. (Voir aussi **Grande-Bretagne**.)

Arbres (Anciens) creux, Mars, I, 589.

Barres à œil des ponts américains, Septembre, 382.

Chaudières (Coups de feu dans les) à vapeur, Juin, I, 972; Juillet, II, 96.

Chauffage des trains de chemins de fer, Janvier, I, 140.

Chemins de fer (Transport des torpilleurs par), Janvier, I, 131; — (Chauffage des trains de), Janvier, I, 140; — Fell à la Nouvelle-Zélande, Avril, I, 712; — du Pilate, Avril, I, 715; — Allemands en 1888, Août, II, 221; — (Accidents de) en Angleterre, Août, II, 222; — Funiculaires, Août, II, 225; — (Altitude atteinte par des), Décembre, II, 766.

Cheminées (Tirage par) et tirage forcé, Janvier I, 135; — en tôle, Octobre, II, 537; — (Une grande), Décembre, II, 766.

Coke (Fabrication du) en Amérique, Juillet, II, 98.

Combustible (Emploi comme) des gaz des hauts fourneaux, Février, I, 306; — (Emploi comme) des résidus de naphte en Russie, Août, II, 223.

Compound (Origine de la machine), Octobre, II, 534; Novembre II, 664; Décembre, II, 757.

Compresseurs (Dangers de l'emploi d'huiles légères pour le graissage des) d'air, Avril, I, 708.

Constructions navales aux États-Unis, Juin, I, 972.

Cordes (Transmissions par), Août, II, 220.

Coulée des lingots d'acier, Novembre, II, 662.

Coups de feu dans les chaudières à vapeur, Juin, I, 972; Juillet, II, 96.

Dangers de l'emploi d'huiles légères pour le graissage des compresseurs d'air, Avril, I, 708.

Décomposition du sel marin par l'électrolyse, Juillet, II, 101.

Découverte du gaz naturel aux États-Unis, Juillet, II, 100.

Électricité (Production des alliages d'Aluminium par l'), Mai, I, 875.

Électrolyse (Décomposition du sel marin par l'), Juillet, II, 101.

Emploi comme combustible des gaz des hauts fourneaux, Février, I, 306; — (Dangers de l') d'huiles légères pour le graissage des compresseurs d air, Avril, I, 708; — des résidus de naphte comme combustible en Russie, Août, II, 223.

Épuisement des houillères, Septembre, II, 384.

Ericsson (John), Mars, I, 586.

États-Unis (Construction navale aux), Juin, I, 978; — (Ponts métalliques aux), Juillet, II, 98; — (Découverte du gaz naturel aux), Juillet, II, 100. (Voir aussi **Amérique**.)

Europe (Voies navigables de l') centrale, Septembre, II, 381.

Expériences sur les machines du steamer *Meteor*, Novembre, II, 653; Décembre, II, 750.

Exploitations forestières en Suède, Juin, I, 968; Juillet, II, 92.

Exposition (Machines fixes à l') universelle de 1889, Septembre, II, 376; Octobre, II, 528; Novembre, II, 663.

Extraction de l'Aluminium, Novembre, II, 660.

Fabrication du coke en Amérique, Juillet, II, 98.

Fleuve (Tunnel sous un), Janvier, I, 138; Décembre, II, 765.

Fonte (Action de l'Aluminium dans la), Janvier, I, 138.

Force motrice obtenue des puits artésiens, Mars, I, 586.

Forêts de l'Amérique du Nord, Juin, I, 972; — (Exploitation des) en Suède, Juin, I, 968; Juillet, II, 92.

Formation de la rouille, Avril, I, 711.

Frottement des tiroirs de locomotives, Mars, I, 581.

Funiculaires (Chemins de fer), Août, II, 225.

Gaz (Moteurs à) de grande puissance, Février, I, 304; — (Emploi comme combustible des) des hauts fourneaux, Février, I, 306: — (Découverte du) naturel aux États-Unis, Juillet, II, 100.

Gooch (Daniel), Novembre, II, 658.

Graissage (Dangers de l'emploi d'huiles légères pour le) des compresseurs d'air, Avril, I, 708.

Grande-Bretagne (Production minerale de la), Mai, I, 874. (Voir aussi **Angleterre**.)

Hauts fourneaux (Emploi comme combustible des gaz des), Février, I, 306.

Homme (Travail de l'), Novembre, II, 657.

Houillères (Épuisement des), Septembre, II, 384.

Huiles (Dangers de l'emploi des) légères pour le graissage des compresseurs d'air, Avril, I, 708.

Industrie minérale et métallurgique en Russie, Janvier, I, 139.

Lingots (Coulée des) d'acier, Novembre, II, 662.

Locomotives (Frottement des tiroirs de), Mars, I, 581 ; — Fairlie, Juin, I, 976.

Machines (Une puissante) à vapeur, Août, II, 224 ; — fixes à l'Exposition universelle de 1889, Septembre, II, 376 ; Octobre, II, 528 ; Novembre, II, 663; — (Expériences sur les) du steamer *Meteor*, Novembre, II, 653; Décembre, II, 750; — (Origine de la) Compound, Octobre, II, 534 ; Novembre, II, 664; Décembre, II, 757.

Minérale (Industrie) et métallurgique en Russie, Janvier, I, 139 ; — (Production) de la Grande-Bretagne, Mai, I, 874.

Moteurs à ammoniaque, Février, I, 300 ; — à gaz de grande puissance, Février, I, 304.

Naphte (Emploi des résidus de) comme combustible en Russie, Août, II, 223. (Voir aussi **Pétrole**.)

Navigation fluviale en Allemagne, Avril, I, 714 ; — (Voies de) de l'Europe centrale, Septembre, II, 381.

Nouvelle-Zélande (Chemin de fer Fell à la), Avril, I, 712.

Origine pe la machine Compound, Octobre, II, 534 ; Novembre, II, 664 ; Décembre, II, 757.

Paquebot *City of Paris*, Mai, I, 870.

Pétrole (Torpillage des puits à), Octobre, II, 536. (Voir aussi **Naphte**.)

Pilate (Chemin de fer du), Avril, I, 715.

Pont sur le Saint-Laurent, Mai, I, 873 ; — métalliques aux États-Unis, Juillet, II, 98; — (Barres à œil des) américains, Septembre, II, 382.

Procédé Poetsch en Amérique, Février, I, 305.

Production minérale dans la Grande-Bretagne, Mai, I, 874 ; — des alliages d'Aluminium par l'électricité, Mai, I, 875.

Puissance (Moteur à gaz de grande), Février, I, 304 ; — (Machine à vapeur de grande), Août, II, 224.

Puits (Force motrice obtenue des) artésiens, Mars, I, 586 ; — (Torpillage des à pétrole, Octobre, II, 536.

Réchauffeurs d'alimentation, Octobre II, 532.

Rouille (Formation de la), Avril, I, 711.

Russie (Industrie minérale et métallurgique en), Janvier, I, 139 ; — (Tôles minces de), Avril, I, 717 ; — (Emploi des résidus de naphte comme combustible en), Août, II, 223.

Saint-Laurent (Pont sur le), Mai, I, 875.

Sel (Décomposition du) marin par l'électrolyse, Juillet, II, 101.

Steamer (Expériences sur les machines du) *Meteor*, Novembre, II, 653 ; Décembre, II, 750. (Voir aussi **Paquebot**.)

Suède (Exploitations forestières en), Juin, I, 968 ; Juillet, II, 92.

Tirage par cheminées et tirage forcé, Janvier, I, 135; Février, I, 297.

Tiroirs (Frottement des) de locomotives, Mars, I, 581.

Tôles minces de Russie, Avril, I, 717 ; — Cheminées en), Octobre, II, 537.

Torpillage des puits à pétrole, Octobre, II, 536.

Torpilleurs (Transport de) par chemins de fer, Janvier, I, 131.

Trains (Chauffage des) de chemins de fer, Janvier, I, 140.

Transmissions par cordes, Août, II, 220.

Transport de torpilleurs par chemins de fer, Janvier, I, 131.

Travail de l'homme, Novembre, II, 657.

Tunnel (Un) remarquable, Septembre, II, 382 : — sous un fleuve, Janvier, I, 138 ; Décembre, II. 766.

Vapeur (Moteur à) d'ammoniaque, Février, I, 300 : — (Coups de feu dans les chaudières à), Juin, I, 972 ; Juillet, II, 96 ; — (Une puissante machine à), Août, II, 224 ; — (Machines à) fixes à l'Exposition universelle de 1889, Septembre, II, 376 ; Octobre, II, 528 ; Novembre, II. 663 ; — (Expériences sur les machines à) du steamer *Meteor*, Novembre, II, 653 ; Décembre, II, 753 ; — (Origine de la machine à) Compound, Octobre, II, 534 ; Novembre, II, 661 ; Décembre, II, 757.

Voies navigables de l'Europe centrale, Septembre, II, 381.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1889.

(Bulletins)

Album encyclopédique des Chemins de fer (Don de la collection de l'), par M. L. Courtier (Séance du 6 décembre) 689

Amélioration de la Tees (Les travaux d'), lettre de MM. J. de Coëne et J. Fleury (Séances des 5 et 19 juillet) . . . . . 7 et 20

Assemblée générale de la Société. (Séance du 20 décembre) . . . 689

Avertisseur des trains (Appareil), lettre de M. Dallemagne (Séance du 19 juillet) 20

Bibliographie, par M A. Mallet 672

Canal de Saint-Quentin (Note sur l'installation faite à Tergnier sur le), par MM. F. Rabeuf et E. Carez 448

Chemin de fer glissant, lettre de M. A. Barre (Séance du 2 août) . 118

Chemin de fer à voie étroite de l'Exposition (Le), par M. Ch. Grille (Séance du 22 novembre) 579

Chroniques . . . . . 92, 220, 376, 528, 665 et 750

Comptes rendus. . . . . . 102, 226, 385, 538 672 et 768

Concours de meunerie à Santiago, en septembre 1890 (Séance du 22 novembre) 569

Concours pour la construction d'une gare à Bucharest (Séance du 6 décembre) 682

Congrès de mécanique appliquée, lettre de M. Philipps (Séance du 19 juillet) 20

Congrès de Palerme en 1891 (Séance du 22 novembre). 569

Congrès national de la Société des Études coloniales et maritimes. (Séance du 6 décembre) 682

Cordages (La raideur des), par M. L. de Longraire (Séance du 18 octobre). Mémoire . . . . . 435 et 460

Crampon à pointes multiples divergentes de M. Buenaventura Junquera, applicable spécialement à la fixation des rails (Nouveau système de), par M. G. Lesourd (Séance du 6 décembre) 685

Décès : de MM. Ch. Quehen, H. Bonnani, J.-L. Laforestrie, A. Cail., A. Courant, A. Fournier, Ch. Goschler, L. Montagnier, F. Mathias, A. Gouvy père, J. Jury, F. Pothier, E. Muller, Ch. Dejey, H. Pollet, L.-J. Henriet, A. Bonnet. (Séances des 5 juillet, 4 octobre, 8 et 22 novembre et 6 décembre) . . . . . 7, 409, 557, 570 et 681

Décorations françaises :

COMMANDEURS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. M. Bixio, A. Cauvet et L. de Naeyer.

OFFICIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. A. Guillotin, E. Lantrac, J. Aylmer, E. Bariquand, H. Chapman, P. Decauville, H. Fontaine, P. Garnier, Ghesquière-Dierikx, Ch. Herscher, J. Hignette, H. Menier, A. Moisant, G. Petitjean, Ch. Prevet, Ch. Weyher.

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. Ch. Grébus, E. Armengaud, P. Arrault, Ed. Badois, G. Béliard, L. Berthon, E. Boire, P. Bornèque, Ed. Bourdon, F. Brault, E. Coignet, G. Denis, H. Deutsch, N. Dujour, L. Durand, N. Duval, A. Egrot, A. Fould-Dupont, A. Gatget, E. Godfernaux, A.-M. Martin, C. Guyenet, N. Lecouteux, Ch. Legrand, E. Levassor, E. Lippmann, L. Luchaire, E. Monjean, H. Portevin, G. Richard, A. Rouart, A. Salles, G. Sautter, P. Simon, A. Thirion, G.-J. Tresca, F.-J.-T. Berton.

OFFICIERS DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : MM. V. Deschiens, S. Périssé, G. Eiffel, S. Gotendorf, L. Salazar, G. Berger, F. Delmas, E. Geneste, P. Sédille et L. Appert.

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. E. Baril, E. Baudet, E. Combes, M. Dorion, P.-H. Guérin, G. Maillet, P. Morice, Ch.-E. Noël, L. Verrine, E. Collignon, E. Quenay, A. Huguet, H. Vaslin, H. Debaeker, B.-P. Garnier, E. Labro, X. Laprade, L. Vigreux et G. Duparc.

CHEVALIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. Ch. Cotard, A. Saillard, Alphand et Berger.

Décorations étrangères :

CHEVALIER DE L'ORDRE DU CHRIST (Portugal) : M. E. Leverbe.

COMMANDEUR DE L'ORDRE DU SAUVEUR (Grèce) : M. G. Eiffel.

CHEVALIER DE L'ORDRE DE FRANÇOIS-JOSEPH (Autriche) : M. S. Komarnicki.

COMMANDEUR DE L'ORDRE DE CHARLES III (Espagne) : M. G. Delaunay-Belleville.

OFFICIER DE L'ORDRE ROYAL (Cambodge) : M. G. Aygalenq.

COMMANDEUR DU LION ET DU SOLEIL (Perse) : M. H. Chevalier.

CHEVALIER DE L'ORDRE DU SOLEIL-LEVANT (Japon) : M. L. Waddell (Séances des 19 juillet, 2 août, 4 octobre, 8 et 22 novembre). 17, 117, 410, 557 et 569

Discours de M. V. Contamin aux obsèques de M. F. Mathias (Séance du 4 octobre). . . . . 410 et 458

Discours prononcé par M. H. de Place, au nom de la Société, à l'inauguration de la statue de J.-B. Dumas, à Alais (Séance de 8 novembre). 559 et 648

Discours de M. G. Eiffel, président de la Société, aux obsèques de M. E. Muller, le 18 novembre 1889. 650

Don de titres provenant de l'emprunt des 75 000 francs (Séances des 2 août, 4 et 18 octobre, 18 et 22 novembre et 6 décembre) . . . . . 117, 412, 434, 562, 569 et 682

Éclairage électrique à l'Exposition, lettre de M. H. Dumartin (Séance du 2 août) 118

Éclairage électrique dune ville (Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'). Analyse de l'ouvrage de M. L. Vigreux, par M. Max de Nansouty (Séance du 2 août). 121
Efforts de flexion et de torsion au moyen de l'emploi des coefficients de résistance (Nouvelle formule pratique pour le calcul des pièces soumises à des), par M. L. Rey, analyse faite par M. V. Contamin (Séance du 6 décembre). Mémoire. . . . . 683 et 729
Élection des Membres du Bureau et du Comité (Séance du 20 décembre). 699
Emprunt de 75 000 francs (Abandon des titres provenant de l') (Séances des 2 août, 4 et 18 octobre, 8 et 22 novembre et 6 décembre). . . . . 117, 412, 434, 562, 569 et 682
Enseignement manuel pour former un apprenti mécanicien (Analyse de la méthode d'), de M. Denis Poulot, par M. S. Perissé (Séance du 8 novembre). 561
Estuaire de la Seine, lettre de M. L. Vauthier (Séance du 4 octobre). 411
Excavateurs mécaniques (Les), par M. Italo Maganzini, lettre de M. H. Hervegh (Séance du 4 octobre) 411
Excursion des Ingénieurs anglais au Creusot (Compte rendu de l'), par M. S. Périssé (Séance du 4 octobre). 420
Excursion dans la Loire, par M. Ch. Herscher jeune (Séance du 4 octobre) 424
Excursion à Longwy et dans le Luxembourg, par M. E. Penelle (Séance du 4 octobre). 427
Excursion dans la région de Maubeuge, par M. E. Penelle (Séance du 4 octobre) 429
Force motrice par l'électricité (Production de la), par M. Jablochkoff, et discussion par MM. P. Regnard, Jablochkoff et E. Hospitalier, et lettre de M. H. Hervegh (Séances des 8 et 22 novembre). . . . 562 et 570
Frein continu (Un nouveau système de), par M. L. Soulerin (Séance du 2 août). Mémoire. . . . . 118 et 239
Gaz à l'eau, par M. A. Saillard (Séance du 6 décembre). 682
Halage funiculaire sur les canaux par MM. F. Rabeuf et Carez . . 448
Inauguration de la statue de J.-B. Dumas (Lettre d'invitation à l') (Séance du 18 octobre) 434
Inauguration de la statue de J.-B. Dumas (Discours prononcé à l'), par M. H. de Place (Séance du 8 novembre) . . . . . 559 et 648
Lettres diverses (Séances des 4 et 18 octobre). . . . . 411 et 434
Lettre de M. A. Brüll au sujet de deux notes adressées à la Société par M. Ventre-Bey (Séance du 22 novembre) 570
Lettre de M. A. Lencauchez au sujet d'un système funiculaire pour la montée de la Cordillère du Chili (Séance du 6 décembre) 682
Liste numérique des récompenses obtenues par les Membres de la Société à l'Exposition universelle (Séance du 8 novembre) 361
Livre d'or de l'École centrale, lettre de M. P. Buquet (Séance du 19 juillet) 18
Locomotive (Histoire de la), par M. E. West, envoi de M. A. Deghilage (Séance du 4 octobre) 411
Locomotive Compound (La), par M. E. Polonceau. Mémoire 29
Maisons démontables (Système de), par M. J. Durupt (Séance du 19 juillet). Mémoire. . . . . 25 et 369

Membres honoraires (Nomination de) et lettres de remerciements (Séances des 8 novembre et 6 décembre) . . . . . 538 et 682

Membres nouvellement admis . . . . . 6, 116, 408, 556 et 680

Nomination de Membres du Jury des récompenses (Séance du 5 juillet) 7

Nomination de M. G. Eiffel comme Membre honoraire à vie de l' « Institution of Mechanical Engineers » (Séance du 18 octobre) 434

Nomination de MM. G. Eiffel et V. Contamin comme Membres d'honneur de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Séance du 8 novembre) 560

Nomination de M. P. Krémer comme Ingénieur de l'administration de l'Assistance publique (Séance du 22 novembre) 569

Notice nécrologique sur M. A. Bonnet, par M. S. Périssé (Séance du 6 décembre) 681

Notice nécrologique sur M. H. Bonnami, par M. J. Dubuisson 746

Outillage des industries textiles à l'Exposition de 1889, par M. E. Simon (Séance du 6 décembre). Mémoire . . . . . 687 et 700

Ouvrages exposés au Salon de la Société (Retrait des) (Séance du 8 novembre) 562

Ouvrages reçus . . . . . 2, 113, 399, 550 et 678

Pont de Poughkeepsie sur le Hudson, par M. F. de Garay et observations de MM. S. Périssé et P. Regnard. (Séance du 19 juillet) . . . 23

Pont sur la Manche (Avant-projet d'un), par MM. H. Schneider et H. Hersent, communications de MM. H. Hersent et J.-B. Pradel et discussion par MM. Ed. Roy, H. Hersent, J.-F. Pillet, E. Polonceau, A. Grouselle, J. Fleury, A. Forest et J.-B. Pradel (Séances des 18 octobre, 8 et 22 novembre). 437, 564 et 572

Prix de 12 000 francs de la Société d'encouragement (Demande de l'obtention du), en faveur de Mme veuve Normand, note de M. A. Brüll (Séance du 5 juillet) 9

Pris Osiris (Séance du 4 octobre) 410

Prix (Grand) décerné à la Société pour son Exposition dans la classe 63 (Séance du 4 octobre) 433

Prix Giffard (Concours pour l'obtention du) (Séance du 18 octobre) . . 435

Radoub de Saïgon (Le bassin de), par M. H. Hersent (Séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 16 et 124

Réception faite aux Ingénieurs américains (Notes sur la), par MM. A Brüll et L. Caen (Séance du 5 juillet). Mémoire . . 10, 12 et 157

Réception de l'Institution of Mechanical Engineers (Note sur la), par MM. A. Brüll et Ch. Herscher fils (Séance du 19 juillet). Mémoire . . . . . 21 et 206

Réceptions des Ingénieurs étrangers (Dates des) (Séance du 2 août) 123

Réception des Ingénieurs belges et hollandais (Compte rendu de la), par MM. S. Périssé et L. Caen (Séance du 4 octobre), mémoire 412 et 585

Réception des Ingénieurs espagnols, russes, portugais, brésiliens et chiliens (Compte rendu de la), par MM. S. Périssé et H.-G. Moreau (Séance du 4 octobre). Mémoire . . . . . 416 et 607

Réception de l'Iron and Steel Institute (Compte rendu de la), par

MM. E. Polonceau et Ch. Herscher jeune et lettre de M. Haton de la Goupillière (Séance du 4 octobre). Mémoire . . . . . 419, 433 et 626

Réception des Ingénieurs étrangers (Nombre des Visiteurs) (Séance du 4 octobre). 431

Réception des Ingénieurs étrangers, lettre de M. le Président de la République et lettre de M. G. Eiffel (Séance des 4 et 18 octobre) 432 et 434

Réception des Ingénieurs étrangers, lettre de remerciements (Séances des 19 juillet, 8 novembre et 6 décembre) . . . 18, 560 et 683

Récompenses obtenues à l'Exposition par les membres de la Société (Séances des 4 et 18 octobre). . . . . 432 et 435

Ressorts (Méthode graphique pour le calcul des), lettre de M. Lévy-Lambert (Séance du 4 octobre) 411

Semelle ou plaque normale pour rails de différentes sections (Nouvelle), par M. C.-P. Sandberg. Mémoire 153

Situation financière de la Société (Compte rendu de la), par M. le Trésorier (Séance du 20 décembre) 689

Souscription en faveur des victimes de la catastrophe de Saint-Etienne et lettre de MM. F. Reymond, du Préfet de la Loire et de M. H. Chapman (Séances des 5 et 19 juillet et 2 août). . . . . 9, 19 et 117

Table des matières de la chronique et des comptes rendus.

Textiles à l'Exposition de 1889 (Outillage des industries), par M. E. Simon (Séance du 6 décembre). Mémoire . . . . . 687 et 700

Tour de 300 mètres (Au sujet de la), lettre de M. Ch. de Comberousse (Séance du 8 novembre). 557

Ventilateur (Lettre d'invitation pour voir fonctionner un) de M. E.-D. Farcot (Séance du 19 juillet). 18

Visite à des expériences de traction mécanique sur les canaux, système Oriolle, à Tergnier, lettre de M. Mottet (Séance du 19 juillet) 19

Voie métallique universelle (Système de), par M. P. Moncharmont (Séance du 19 juillet). Mémoire . . . . . 28 et 73

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — PARIS. — 36-1-90.

Fig. 18.

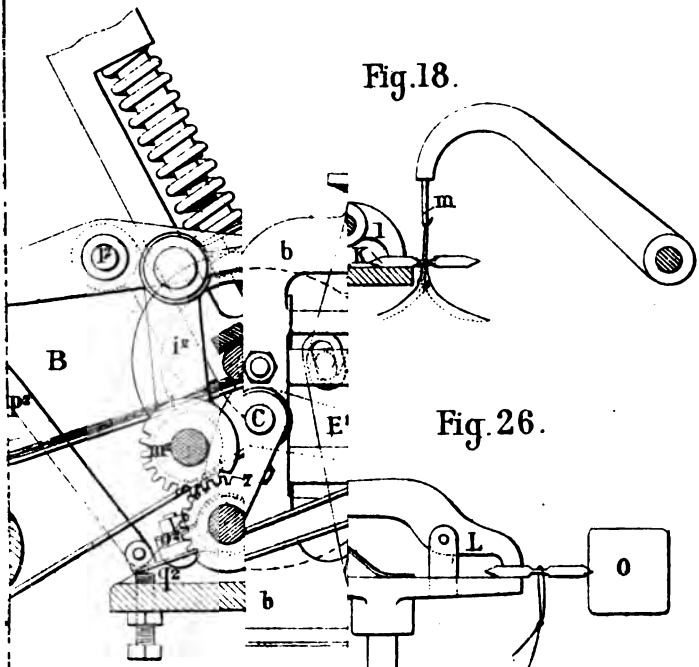


Fig. 26.

Fig. 16.

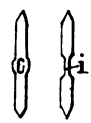


Fig. 24.

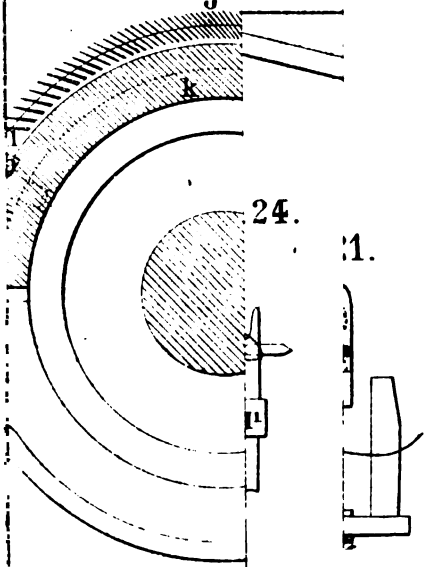


Fig. 22.

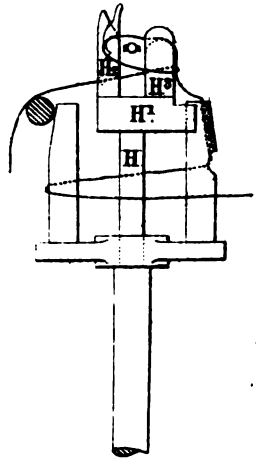
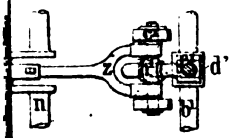
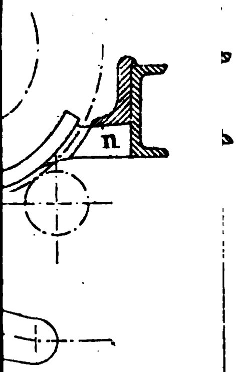


Fig. 11.

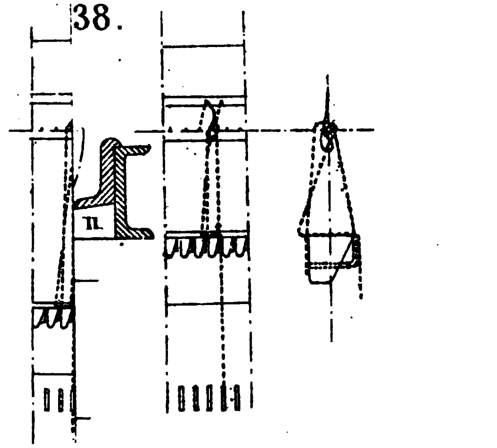


L. Courtier, 48, rue de Dunkerque, Paris

.32.

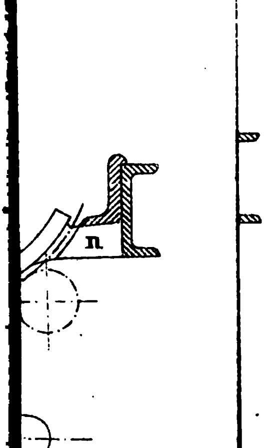


38.

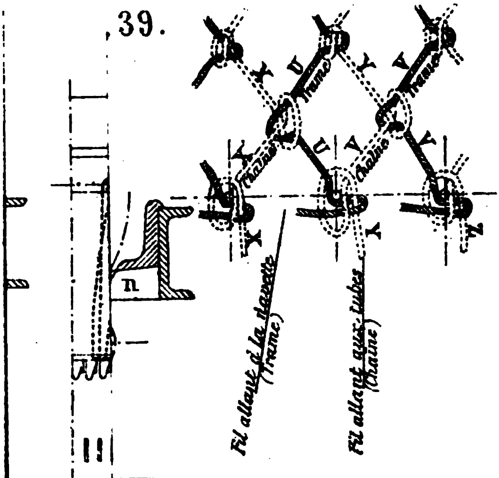


r les doigts. Pour cela … îné les élever sur la barre à boltx mobile m.
mouvement de transl… barre de pour accompagner la boucle des fils
e, égal à la largeur de … à gauche … uleau tendeur des fils de chaîne
doigts; l'écartement … oigts. … de fil devenue libre par suite du
tubes. Pendant que
a barre à boltx mobil … arre des doigts K lâche les fils de
slation de gauche à d

.33.



,39.



nue à s'élever et la b… rotation … ntité de fil de trame, quantité qui est
égale à la distance … boltx mob… violemment tirés par le rouleau -
… p. Les ch… p remonte ensuite les chariots à leur
les fils de trame U et … à boltx fi… d se renverse pour abandonner les nœuds.
et Z: le fil de trame … ubes a, p… rineurs en caoutchouc, d'une quantité
chaîne X, va donc, ce… oltx mobile … la barre à aiguilles vient reprendre sa
Y, et de même le fil … fils de cha… es sont ramenés à la position O et sont
d avec le fil de chaî… … un nouveau nœud ; seulement la barre
. Le dernier nœud f… donne con… ouvement de translation de gauche à
une aiguille, se trou… sa position … , ce qui fait que le fil de trame U vien-
ame, au milieu de l'i… ement de d… le fil de chaîne X et le fil de trame V
Afin de fa… même fil de trame vient se nouer alter-
peu les cha… les deux mêmes fils de chaîne.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris